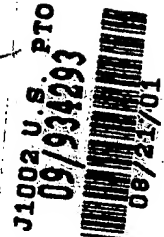


EXPRESS MAIL NO. EL 669 267 614 US

DATE OF DEPOSIT

8/21/01

T. Witcher
181201 #2



Our File No. 9281-4158
Client Reference No. N US00081

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Naoya Hasegawa

Serial No. To Be Assigned

Filing Date: Herewith

For: Spin Valve Thin Film Magnetic Element
and Method of Manufacturing the Same

)
)
)
)
)
)
)
)
)
)

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2000-261945, filed August 30, 2000 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,

Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicant

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-261945

出 願 人

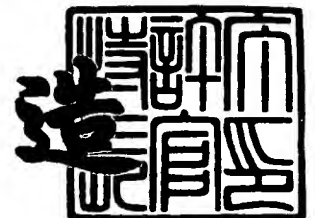
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2001年 6月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3051981

【書類名】 特許願

【整理番号】 J81506A1

【提出日】 平成12年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【請求項の数】 29

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

【氏名】 長谷川 直也

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フリー磁性層の厚さ方向両側に、一対の非磁性導電層と、一対の固定磁性層と、該一対の固定磁性層の磁化方向をそれぞれ固定する一対の反強磁性層とが各々順次積層されてなる積層体が基板上に形成されるとともに、

前記積層体のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層の磁化方向を各固定磁性層の磁化方向の交叉方向に揃える一対のバイアス層と、前記バイアス層に積層されて前記積層体に検出電流を与える一対のリード層とを備えてなるスピンバルブ型薄膜磁気素子であり、

少なくとも前記基板から離れた側の反強磁性層のトラック幅方向の幅が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、この狭幅な反強磁性層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、

前記一対のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中央に向けて延出し、前記の一対のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とするスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 2】 前記狭幅の反強磁性層に加えて、この狭幅の反強磁性層に接する固定磁性層の少なくとも一部若しくは全部が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、これら狭幅の反強磁性層及び固定磁性層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、

前記一対のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中央に向けて延出し、前記の一対のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とする請求項 1 に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 3】 前記狭幅の反強磁性層に加えて、この狭幅の反強磁性層に接する固定磁性層と該固定磁性層に接する非磁性導電層の一部が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、これら狭幅の反強磁性層及び固定磁性層並びに非磁性導電層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、

前記一対のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中

央に向けて延出し、前記の一对のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とする請求項1に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項4】 前記一对のリード接続部は、前記積層体のトラック幅方向両側に位置してこの積層体の前記基板より離れた側の一部に形成された一对の切欠部とされ、各リード接続部のトラック幅方向の幅が $0.03 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲とされていることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項5】 前記一对のバイアス層は、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置に位置して前記フリー磁性層に隣接するとともに、その上面が、前記リード接続部よりも基板側の位置にて前記積層体に接合され、前記一对のリード接続部には前記一对のリード層のみが接続されたことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項6】 前記一对の固定磁性層が、2以上の強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなるとともに、隣接する各強磁性層の磁化方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項7】 前記一对の固定磁性層は、2つの強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなるとともに、各強磁性層の磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることを特徴とする請求項6に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項8】 基板に近い側に位置する反強磁性層が、前記フリー磁性層よりもトラック幅方向に拡幅に延出して形成され、この反強磁性層の延出部上に、前記バイアス層が積層されていることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項9】 基板に近い側に位置する反強磁性層の延出部上に、TaまたはCrからなるバイアス下地層を介して前記バイアス層が積層されていることを特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 1 0】 前記バイアス層と前記リード層との間に T a または C r からなる中間層が積層されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 1 1】 前記一对の反強磁性層が、X M n 合金、P t X' M n 合金（ただし前記組成式において、X は P t、P d、I r、R h、R u、O s のなかから選択される 1 種を示し、X' は P d、C r、R u、N i、I r、R h、O s、A u、A g、N e、A r、X e、K r のなかから選択される 1 種または 2 種以上を示す）のいずれかよりなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 1 0 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 1 2】 前記積層体は、再生感度が高く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る中央部分の感度領域と、前記感度領域のトラック幅方向両側に形成され、再生感度が低く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域とで構成され

前記積層体の両側に形成された一对のリード接続部が、前記積層体の不感領域上に形成され、前記一对のリード層が前記積層体のトラック幅方向両側からこの不感領域上まで延出して被着形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 1 1 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 1 3】 請求項 1 ないし請求項 1 2 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子が磁気情報の読出素子として備えられてなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 4】 スライダに、請求項 1 3 に記載の薄膜磁気ヘッドが備えられてなることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 1 5】 基板上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層、別の非磁性導電層、別の固定磁性層及び別の反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、

前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一对の切込部が設けられてなるリフトオフレジストを、前記積層膜上に形成するレジスト形成工程と、

前記基板に対して角度 θ_1 の方向からエッチング用粒子線を前記積層膜に照射して、前記リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、

前記積層体の両側に、前記基板に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置まで一対のバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、

前記積層体に、前記基板に対して角度 θ_3 （ただし $\theta_1 > \theta_3$ ）の方向から別のエッチング用粒子線を照射することにより、少なくとも前記一対の切込部に対応する位置にある前記別の反強磁性層をエッチングして一対のリード接続部を形成するリード接続部形成工程と、

前記積層体及び前記バイアス層上に、前記基板に対して角度 θ_3 の方向から更に別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体のトラック幅方向両側から中央に延出して前記リード接続部にて前記積層体に接続する一対のリード層を形成するリード層形成工程と

からなることを特徴とするスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 16】 前記リード接続部形成工程において、前記一対の切込部に対応する位置にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層の一部若しくは全部とをエッチングして一対のリード接続部を形成することを特徴とする請求項 15 に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 17】 前記リード接続部形成工程において、前記一対の切込部に対応する位置にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層と前記別の非磁性導電層の一部とをエッチングして一対のリード接続部を形成することを特徴とする請求項 15 に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 18】 前記積層体形成工程において、前記第 1 リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜を、前記基板に隣接する反強磁性層の一部を残してエッチングすることを特徴とする請求項 15 に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 19】 前記バイアス層形成工程において、前記バイアス層を形

成するとともに、前記の角度 θ_1 の方向からスパッタ粒子を堆積することにより前記バイアス層上にTaまたはCrからなる中間層を積層し、

前記リード接続部形成工程において、前記中間層の一部を同時にエッチングすることを特徴とする請求項15ないし請求項18のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項20】 前記の角度 θ_1 が $60 \sim 85^\circ$ の範囲であり、角度 θ_2 が $70 \sim 90^\circ$ の範囲であり、角度 θ_3 が $40 \sim 70^\circ$ の範囲であることを特徴とする請求項15ないし請求項19のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項21】 前記の各リード接続部のトラック幅方向の幅は、前記リフトオフレジストの各切込部のトラック幅方向の幅により規定されることを特徴とする請求項15に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【請求項22】 基板上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層、別の非磁性導電層、別の固定磁性層及び別の反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、

前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一對の切込部が設けられてなる第1リフトオフレジストを、前記積層膜上に形成する第1レジスト形成工程と、

前記基板に対して角度 θ_4 の方向からエッチング用粒子線を前記積層膜に照射して、前記第1リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、

前記積層体の両側に、前記基板に対して角度 θ_5 （ただし $\theta_5 > \theta_4$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置まで一對のバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、

前記第1リフトオフレジストを除去し、前記第1リフトオフレジストの前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、この当接面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向

両側に一对の切込部が設けられてなる第2リフトオフレジストを前記積層体上面のほぼ中央に形成する第2レジスト形成工程と、

前記積層体に、前記基板に対して角度 θ_6 の方向から別のエッチング用粒子線を照射することにより、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側に位置する前記別の反強磁性層を少なくともエッチングして一对のリード接続部を形成するリード接続部形成工程と、

前記積層体及び前記バイアス層上に、前記基板に対して角度 θ_6 の方向から更に別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体のトラック幅方向両側から中央に延出して前記リード接続部にて前記積層体に接続する一对のリード層を形成するリード層形成工程と

からなることを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項23】 前記リード接続部形成工程において、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層の一部若しくは全部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする請求項22に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項24】 前記リード接続部形成工程において、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層と前記別の非磁性導電層の一部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする請求項22に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項25】 前記積層体形成工程において、前記第1リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜を、前記基板に隣接する反強磁性層の一部を残してエッチングすることを特徴とする請求項22に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項26】 前記バイアス層形成工程において、前記バイアス層を形成するとともに、前記の角度 θ_4 の方向からスパッタ粒子を堆積することにより前記バイアス層上にTaまたはCrからなる中間層を積層し、

前記リード接続部形成工程において、前記中間層の一部を同時にエッチングす

ることを特徴とする請求項 2 2 ないし請求項 2 5 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 2 7】 前記の角度 θ_4 が $50 \sim 85^\circ$ の範囲であり、角度 θ_5 が $60 \sim 90^\circ$ の範囲であり、角度 θ_6 が $50 \sim 90^\circ$ の範囲であることを特徴とする請求項 2 2 ないし請求項 2 6 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 2 8】 前記リード接続部のトラック幅方向の幅は、前記積層体の側面の位置から前記第 2 リフトオフレジストの側面の位置までの相対距離により規定されることを特徴とする請求項 2 2 に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 2 9】 前記リード接続部形成工程において、エッチングの際に前記積層体から叩き出されたスパッタ粒子種を 2 次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することを特徴とする請求項 1 5 ないし請求項 2 8 のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、スピバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び薄膜磁気ヘッド並びにスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法に関するものであり、特に、デュアル型の積層体のトラック幅方向両側から積層体の中央に向けて延出し、積層体に被着形成されてなるリード層を具備してなるデュアル型のスピバルブ型薄膜磁気素子に用いて好適な技術に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

スピバルブ型薄膜磁気素子は、巨大磁気抵抗効果を示す GMR (Giant Magnetoresistive) 素子の一種であり、ハードディスクなどの記録媒体から記録磁界を検出するものである。

しかもこのスピバルブ型薄膜磁気素子は、GMR 素子の中で比較的構造が単純で、外部磁界に対して抵抗変化率が高く、弱い磁界で抵抗が変化するなどの優

れた長所を有している。

【0003】

図22は、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を、記録媒体との対向面（ABS面）側から見た場合の構造を示す断面図である。

図22に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層の厚さ方向両側にそれぞれ、非磁性導電層、固定磁性層、反強磁性層が一層ずつ積層された、いわゆるデュアルスピバルブ型薄膜磁気素子である。

なお図22において、図示Z方向はハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向であり、図示Y方向は磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向であり、図示 X_1 方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。

【0004】

図22に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子301は、基板302上に、Taなどからなる下地層303、第1反強磁性層304、第1固定磁性層305、Cuなどからなる第1非磁性導電層306、フリー磁性層307、Cuなどからなる第2非磁性導電層308、第2固定磁性層309、第2反強磁性層310及びTaなどからなる保護層311が順次積層されて形成された積層体312と、この積層体312の両側に形成されたCoPt合金等からなる一対のバイアス層332、332と、このバイアス層332、332上に形成されたCu等からなる一対のリード層334、334とを主体として構成されている。

【0005】

第1固定磁性層305は、第1強磁性ピンド層305aと、第1非磁性中間層305bと、第2強磁性ピンド層305cとが積層されて構成されている。第2強磁性ピンド層305cの膜厚は、第1強磁性ピンド層305aの膜厚より大とされている。

第1強磁性ピンド層305aの磁化方向は、第1反強磁性層304との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第2強磁性ピンド層305cは、第1強磁性ピンド層305aと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0006】

このように第1、第2強磁性ピンド層305a、305cの磁化方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第2強磁性ピンド層305cが第1強磁性ピンド層305aよりも厚く形成されているので、第2強磁性ピンド層305cの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、これにより第1固定磁性層305全体の正味の磁化方向が図示Y方向に固定される。

【0007】

また、第2固定磁性層309は、第3強磁性ピンド層309aと、第2非磁性中間層309bと、第4強磁性ピンド層309cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層309aの膜厚は、第4強磁性ピンド層309cの膜厚より大とされている。

第4強磁性ピンド層309cの磁化方向は、第2反強磁性層310との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第3強磁性ピンド層309aは、第4強磁性ピンド層309cと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向の反対方向に固定されている。

【0008】

このように第1固定磁性層305の場合と同様に、第3、第4強磁性ピンド層309a、309cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第3強磁性ピンド層309aが第4強磁性ピンド層309cより厚く形成されているので、第3強磁性ピンド層309aの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第2固定磁性層309全体の正味の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

【0009】

このように第1、第2固定磁性層305、309は、第1～第4強磁性ピンド層305a、305c、309a、309cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第2、第3強磁性ピンド層305c、309aの磁化がそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド）を示す層となる。

【0010】

フリー磁性層 3 0 7 は、C o 等よりなる第 1 拡散防止層 3 0 7 a と、N i F e 合金よりなる強磁性自由層 3 0 7 b と、C o 等よりなる第 2 拡散防止層 3 0 7 c とが積層されて構成されている。第 1、第 2 拡散防止層 3 0 7 a、3 0 7 c は、隣接する第 1、第 2 非磁性導電層 3 0 6、3 0 8 との相互拡散を防止するとともに、抵抗変化率 ($\Delta R/R$) を増大させる効果がある。

このフリー磁性層 3 0 7 の磁化方向は、バイアス層 3 3 2、3 3 2 のバイアス磁界によって図示 X1 方向に揃えられている。

これにより、フリー磁性層 3 0 7 の磁化方向と第 1、第 2 固定磁性層 3 0 5、3 0 9 の磁化方向とが交叉する関係になる。

【0 0 1 1】

リード層 3 3 4、3 3 4 は、バイアス層 3 3 2、3 3 2 上に積層され、更に積層体 3 1 2 の図示 X1 方向両側から積層体 3 1 2 の中央に向けて延出し、その一部が積層体 3 1 2 の図示 X1 方向両端部に乗り上げて積層体 3 1 2 に被着している。この積層体 3 1 2 に被着した部分をリード層 3 3 4、3 3 4 のオーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a と称する。オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a は、積層体 3 1 2 上にて相互に T w の間隔をあけて離間している。

【0 0 1 2】

また、第 1 反強磁性層 3 0 4 は、第 1 固定磁性層 3 0 5 やフリー磁性層 3 0 7 よりも図示 X1 方向両側に突出して形成されている。

そしてこの第 1 反強磁性層 3 0 4 の突出部 3 0 4 a、3 0 4 a とバイアス層 3 3 2、3 3 2 との間に、T a または C r からなるバイアス下地層 3 3 1、3 3 1 が積層されている。更に、バイアス層 3 3 2、3 3 2 とリード層 3 3 4、3 3 4 との間には T a または C r からなる中間層 3 3 3、3 3 3 が積層されている。

【0 0 1 3】

このスピンバルブ型薄膜磁気素子 3 0 1 では、リード層 3 3 4、3 3 4 から積層体 3 1 2 に検出電流（センス電流）が与えられ、磁気記録媒体からの洩れ磁界が Y 方向に与えられると、フリー磁性層 3 0 7 の磁化方向が X1 方向から Y 方向へ向けて変化する。このフリー磁性層 3 0 7 の磁化方向の変動と、第 1、第 2 固定磁性層 3 0 5、3 0 9 の磁化方向との関係で電気抵抗値が変化し（これを磁気

抵抗（MR）効果という）、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【 0 0 1 4 】

ところで、このスピバルブ型薄膜磁気素子 3 0 1 では、リード層 3 3 4、3 3 4 から積層体 3 1 2 に検出電流（センス電流）が与えられるが、図 2 2 に示すようにセンス電流 J（矢印 J）は主に、オーバーレイ部 3 3 4 a、3 4 4 a の先端 3 3 4 b、3 3 4 b の近傍から積層体 3 1 2 に印加される。

従って、積層体 3 1 2 のなかで最もセンス電流が流れやすいのは、オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a が被着されていない領域であり、この領域にセンス電流が集中するため、先に説明した磁気抵抗（MR）効果が実質的に大きくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a が被着されていない領域を図 2 2 に示すように感度領域 S と称する。

一方、オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a が被着されている領域では、感度領域 S に比べてセンス電流が極めて小さくなり、これにより磁気抵抗（MR）効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が低下する。このオーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a が被着された領域を不感度領域 N と称する。

【 0 0 1 5 】

このように、リード層 3 3 4、3 3 4 のオーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a を積層体 3 1 2 の一部に被着させることにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分（感度領域 S）と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分（不感領域 N）とが形成され、感度領域 S の幅 T w がスピバルブ型薄膜磁気素子 3 0 1 のトラック幅となり、狭トラック化に対応することが可能になる。

【 0 0 1 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子 3 0 1 では、オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a が第 2 反強磁性層 3 1 0 に隣接し、この第 2 反強磁性層 3 1 0 の基板 3 0 2 側に第 1、第 2 固定磁性層 3 0 5、3 0 9 及びフリー磁性層 3 0 7 並びに第 1、第 2 非磁性導電層 3 0 6、3 0 8 が存在する。このため、オーバーレ

イ部 3 3 4 a から第 1、第 2 固定磁性層 3 0 5、3 0 9 及びフリー磁性層 3 0 7 並びに第 1、第 2 非磁性導電層 3 0 6、3 0 8 にセンス電流を流すためには、第 2 反強磁性層 3 1 0 にセンス電流が必ず流れることになる。

【 0 0 1 7 】

この第 2 反強磁性層 3 1 0 は、比抵抗が $200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の IrMn 合金、 FeMn 合金、 NiMn 合金等からなるので、第 1～第 4 強磁性ピンド層 3 0 5 a、3 0 5 c、3 0 9 a、3 0 9 c 及びフリー磁性層 3 0 7 を構成する Co や NiFe 合金等の比抵抗 ($10 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度のオーダー) に比べて一桁大きく、また、第 1、第 2 非磁性導電層 3 0 6、3 0 8 を構成する Cu の比抵抗 ($1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度のオーダー) に比べて二桁大きい。

このように、第 2 反強磁性層 3 1 0 の比抵抗が大きいため、オーバーレイ部 3 3 4 a から流れ込むセンス電流 J が大きな抵抗を受け、このため図 2 2 に示すようにリード層 3 3 4 からバイアス層 3 3 2 を経由して第 2 反強磁性層 3 1 0 の基板 3 0 2 側に直接流れ込む分流 J' の成分が無視できない大きさになる。

【 0 0 1 8 】

この結果、不感領域 N にセンス電流の分流 J' が流れることによって不感領域 N に外部磁界に対する磁気抵抗変化が発現し、この不感領域 N に対応する磁気記録媒体の記録トラックの信号を再生してしまう。

特に、記録密度の高密度化を目的として、磁気記録媒体における記録トラック幅および記録トラック間隔を減少させて狭トラック化を行った場合、本来感度領域 S で読み出すべき記録トラックに対して、隣接する記録トラックの情報を、上記不感領域 N において読み出してしまうというサイドリーディングが発生し、これが出力信号に対してノイズとなり、エラーを招く可能性があった。

【 0 0 1 9 】

さらに、根本的に、スピバルブ型薄膜磁気素子におけるより一層の出力特性の向上と感度の向上を図りたいという要求が存在していた。

【 0 0 2 0 】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

- ①スピバルブ型薄膜磁気素子における出力特性の向上を図ること。
- ②サイドリーディング発生の防止を図ること。
- ③上記スピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を提供すること。
- ④上記スピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを提供すること。

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層の厚さ方向両側に、一対の非磁性導電層と、一対の固定磁性層と、該一対の固定磁性層の磁化方向をそれぞれ固定する一対の反強磁性層とが各々順次積層されてなる積層体が基板上に形成されるとともに、前記積層体のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層の磁化方向を各固定磁性層の磁化方向の交叉方向に揃える一対のバイアス層と、前記バイアス層に積層されて前記積層体に検出電流を与える一対のリード層とを備えてなるものであり、少なくとも前記基板から離れた側の反強磁性層のトラック幅方向の幅が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、この狭幅な反強磁性層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、前記一対のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中央に向けて延出し、前記の一対のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、狭幅な反強磁性層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部にリード層が接続されるので、センス電流が、比抵抗の大きな反強磁性層を通過せずにリード層から直接固定磁性層に流れることになるため、センス電流のうち、バイアス層を経由して積層体に流れる分流成分を低減することが可能になる。

これにより、センス電流を、リード層が被着されていない積層体の中央部分に集中させることができ、この部分における電圧変化が向上し、スピバルブ型薄膜磁気素子の出力特性を向上させることが可能になる。

また、センス電流の分流成分が低減されるので、リード層が被着形成されている部分（積層体のトラック幅方向両側の部分）では磁気抵抗効果が実質的に発現

せず、磁気記録媒体の記録トラックからの漏れ磁界を検出することがなく、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することが可能になる。

【 0 0 2 3 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記狭幅の反強磁性層に加えて、この狭幅の反強磁性層に接する固定磁性層の少なくとも一部若しくは全部が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、これら狭幅の反強磁性層及び固定磁性層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、前記一对のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中央に向けて延出し、前記の一对のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子においては、リード層が、狭幅の反強磁性層及び固定磁性層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部に接続されるので、センス電流が、比抵抗の小さな非磁性導電層に直接流れることになり、センス電流の分流成分をより小さくすることができ、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングをより効果的に抑制することが可能になる。

【 0 0 2 5 】

更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記狭幅の反強磁性層に加えて、この狭幅の反強磁性層に接する固定磁性層と該固定磁性層に接する非磁性導電層の一部が前記フリー磁性層よりも狭幅とされ、これら狭幅の反強磁性層及び固定磁性層並びに非磁性導電層のトラック幅方向両側が積層体のリード接続部とされ、前記一对のリード層が、前記積層体のトラック幅方向両側から前記積層体の中央に向けて延出し、前記の一对のリード接続部にて前記積層体に接続されたことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子においては、リード層が、狭幅の反強磁性層及び固定磁性層及び一部の非磁性導電層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部に接続されるので、センス電流が、比抵抗の小さな非磁性導電層に直接

流れることになり、センス電流の分流成分を更に小さくすることができ、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを更に効果的に抑制することが可能になる。

【 0 0 2 7 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子において、前記一对のリード接続部は、前記積層体のトラック幅方向両側に位置してこの積層体の前記基板より離れた側の一部に形成された切欠部とされ、各リード接続部のトラック幅方向の幅は $0.03 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲とされていることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、リード接続部が切欠部とされているため、リード層がこの切欠部にはめ込まれる形で接続されるので、積層体とリード層との段差を小さくすることができ、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子のギャップ幅を小さくすることが可能になり、またこのスピバルブ型薄膜磁気素子に絶縁層を更に積層した場合にはこの絶縁層にピンホール等が生じるおそれがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子の絶縁性を高めることが可能になる。

また、リード接続部の幅が $0.03 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲とされているので、リード接続部におけるリード層と積層体との接触面積を大きくすることができ、センス電流を積層体に効率よく流すことができる。

【 0 0 2 9 】

また本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記一对のバイアス層は、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置に位置して前記フリー磁性層に隣接するとともに、その上面が、前記リード接続部より基板側の位置にて積層体に接合され、前記一对のリード接続部には前記一对のリード層のみが接続されたことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、バイアス層がリード接続部に接続することがなく、リード接続部にはリード層のみが接続されるので、リード接続部におけるリード層と積層体との接触面積を大きくすることができ、分流成分を低減するとともにスピバルブ型薄膜磁気素子の出力特性を更に向上させること

が可能になる。

また、前記バイアス層が、前記フリー磁性層と同じ階層位置に配置されているので、フリー磁性層に強いバイアス磁界を与えやすくなり、フリー磁性層を単磁区化しやすく、バルクハウゼンノイズを低減させることが可能になる。

【0031】

なお、「前記フリー磁性層と同じ階層位置に位置して」とは、一对のバイアス層がトラック幅方向両側からフリー磁性層を挟んで、少なくともバイアス層とフリー磁性層とが磁氣的に接合されている状態を意味し、前記ハードバイアス層と前記フリー磁性層との接合部分の厚さが前記フリー磁性層の膜厚よりも薄い状態も含まれる。

また「隣接」とは、層同士が直接に接して接続することのみならず、例えばバイアス下地層や中間層等を介して接続することも意味している。

【0032】

また本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記一对の固定磁性層が、2以上の強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなるとともに、隣接する各強磁性層の磁化方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることが好ましい。

特に前記一对の固定磁性層は、2つの強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなるとともに、各強磁性層の磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされてなることが好ましい。

【0033】

係るスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、固定磁性層がいわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンドを示す層) であるので、固定磁性層の磁化方向を強固に固定して固定磁性層を安定させることが可能になる。

【0034】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、基板に近い側に位置する反強磁性層が、前記フリー磁性層よりもトラック幅方向に拡幅に延出して形成され、この反強磁性層の延出部上に、前記バイアス層が積層されていることが

好ましい。

【0035】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、基板側の反強磁性層が固定磁性層やフリー磁性層よりもトラック幅方向に突出しているので、前記バイアス層が形成される高さを、前記フリー磁性層の階層位置と同じ高さにて調整することができ、フリー磁性層に強いバイアス磁界を与えることが可能になる。

【0036】

更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、基板に近い側に位置する反強磁性層の延出部上に、TaまたはCrからなるバイアス下地層を介して前記バイアス層が積層されていることが好ましい。

また本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層と前記リード層との間にTaまたはCrからなる中間層が積層されていることが好ましい。

【0037】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、反強磁性層の延出部とバイアス層との間にバイアス下地層が積層されているので、反強磁性層とバイアス層との磁気的な結合を防止することが可能になるとともに、バイアス層の結晶は以降を整えてバイアス層の磁気特性（バイアス層が硬磁性体の場合には保磁力や角形比）を改善することができる。

また、バイアス層とリード層との間に中間層が積層されているので、バイアス層の磁気特性の劣化を防止するとともに、リード層の組織の結晶構造を整えて、リード層を低抵抗にすることが可能になる。

【0038】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記一対の反強磁性層が、XMn合金、PtX'Mn合金（ただし前記組成式において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択される1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を示す）のいずれかよりなることを特徴とする。

【 0 0 3 9 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、一对の反強磁性層がXMn合金またはPtX'Mn合金よりなり、このXMn合金またはPtX'Mn合金は交換結合磁界が高く、また比較的高い温度でも十分な交換結合磁界を発現するので、スピバルブ型薄膜磁気素子の動作を安定化させることが可能になり、特に比較的高温下での動作を安定化させることが可能になる。

【 0 0 4 0 】

そして、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子であって、前記積層体は、再生感度が高く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る中央部分の感度領域と、前記感度領域のトラック幅方向両側に形成され、再生感度が低く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域とで構成され、前記積層体の両側に形成された一对のリード接続部が前記積層体の不感領域上に形成され、前記一对のリード層が前記積層体のトラック幅方向両側からこの不感領域上まで延出して被着形成されていることを特徴とする。

【 0 0 4 1 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、一对のリード層が前記積層体のトラック幅方向両側からこの不感領域上まで延出して被着形成されているので、これらの一对のリード層の間に位置する感度領域に、リード層からのセンス電流を集中して流すことができ、この一对のリード層の間の感度領域の幅をスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅とすることができる。

従ってスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅は、不感領域上に被着形成された一对のリード層の間隔によって規定することができ、リード層の間隔を狭めることで、スピバルブ型薄膜磁気素子の狭トラック化を図ることが可能になる。

【 0 0 4 2 】

なお、積層体の感度領域は、マイクロトラックプロファイル法によりその範囲を決めることができる。即ち感度領域は、ある信号が記録された微小トラック上にスピバルブ型薄膜磁気素子を走査させた場合に得られる再生信号のうち最大の信号強度の50%以上の信号強度が得られた領域と定義される。

また積層体の不感領域は、前記感度領域の両側であって、信号強度が最大の信号強度の50%以下となる領域として定義される。

【0043】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、先のいずれかに記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子が磁気情報の読出素子として備えられてなることを特徴とする。

そして、本発明の浮上式磁気ヘッドは、スライダに、先に記載の薄膜磁気ヘッドが備えられてなることを特徴とする。

【0044】

係る薄膜磁気ヘッドによれば、先に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子を読取素子として備えているので、磁気情報の再生出力が高く、サイドリーディング発生の確率が低い薄膜磁気ヘッドを構成することが可能になる。

また係る浮上式磁気ヘッドによれば、上記の薄膜磁気ヘッドを備えているので、磁気情報の再生出力が高く、サイドリーディング発生の確率が低い浮上式磁気ヘッドを構成することが可能になる。

【0045】

本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層、別の非磁性導電層、別の固定磁性層及び別の反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一对の切込部が設けられてなるリフトオフレジストを前記積層膜上に形成するレジスト形成工程と、前記基板に対して角度 θ_1 の方向からエッチング用粒子線を前記積層膜に照射して、前記リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、前記積層体の両側に、前記基板に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置まで一对のバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、前記積層体に、前記基板に対して角度 θ_3 （ただし $\theta_1 > \theta_3$ ）の方向から別のエッチング用粒子線を照射することにより、少なくとも前記一对の切込

部に対応する位置にある前記別の反強磁性層をエッチングして一对のリード接続部を形成するリード接続部形成工程と、前記積層体及び前記バイアス層上に、前記基板に対して角度 θ_3 の方向から更に別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体のトラック幅方向両側から中央に延出して前記リード接続部にて前記積層体に接続する一对のリード層を形成するリード層形成工程とからなることを特徴とする。

【0046】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、積層体形成工程において角度 θ_1 の方向からイオンビーム等のエッチング用粒子線を照射して断面視略台形状の積層体を形成し、更に前記基板に対して角度 θ_3 ($\theta_1 > \theta_3$) の方向から別のエッチング用粒子線を照射して、リフトオフレジストの切込部に対応する位置に一对のリード接続部を形成するので、1つのリフトオフレジストによって積層体の形成とリード接続部の形成を行うことができ、スピバルブ型薄膜磁気素子の製造工程を短縮化することが可能となる。

また、反強磁性層をエッチングしてリード接続部を形成し、リード層をこのリード接続部に接続させて形成するので、リード層を固定磁性層に直接接続させることができ、センス電流を反強磁性層に流すことなく積層体に与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造が可能になる。

【0047】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記リード接続部形成工程において、前記一对の切込部に対応する位置にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層の一部若しくは全部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする。

【0048】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある反強磁性層に加えて、この反強磁性層に接いて切込部に対応する位置にある固定磁性層の一部若しくは全部をエッチングしてリード接続部を形成するので、リード層を固定磁性層の一部、または非磁性導電層に接

続させることができ、センス電流を効率よく積層体を与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造が可能になる。

【 0 0 4 9 】

更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記リード接続部形成工程において、前記一对の切込部に対応する位置にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層と前記別の非磁性導電層の一部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする。

【 0 0 5 0 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある反強磁性層に加えて、この反強磁性層に接して切込部に対応する位置にある固定磁性層及び非磁性導電層の一部をエッチングしてリード接続部を形成するので、リード層を非磁性導電層に接続させることができ、センス電流をより効率よく積層体を与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造が可能になる。

【 0 0 5 1 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記積層体形成工程において、前記第 1 リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜を、前記基板に隣接する反強磁性層の一部を残してエッチングすることが好ましい。

【 0 0 5 2 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、基板に接する反強磁性層の一部を残して積層膜をエッチングするので、前記バイアス層が形成される高さを、前記フリー磁性層の階層位置と同じ高さにて調整することができ、フリー磁性層に強いバイアス磁界を与えることが可能になる。

【 0 0 5 3 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記バイアス層形成工程において、前記バイアス層を形成するとともに、前記の角度 θ_1 の方向からスパッタ粒子を

堆積することにより前記バイアス層上にT aまたはC rからなる中間層を積層し、前記リード接続部形成工程において、前記中間層の一部を同時にエッチングすることを特徴とする。

【 0 0 5 4 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、バイアス層上に中間層を形成し、リード接続部を形成する際に中間層の一部を同時にエッチングするので、中間層を少なくともリード接続部より基板側に位置させることが可能になり、従ってリード接続部にはリード層のみを接続させることが可能になる。

また、バイアス層は中間層に覆われるので、リード接続部の形成の際にバイアス層がエッチングされることがなく、バイアス層の厚さが薄くなってバイアス磁界が減少するおそれをなくすることが可能になる。

【 0 0 5 5 】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記の角度 θ_1 が $60^\circ \sim 85^\circ$ の範囲であり、角度 θ_2 が $70^\circ \sim 90^\circ$ の範囲であり、角度 θ_3 が $40^\circ \sim 70^\circ$ の範囲であることが好ましい。

【 0 0 5 6 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、各リード接続部のトラック幅方向の幅が、前記リフトオフレジストの各切込部のトラック幅方向の幅により規定されることを特徴とする。

【 0 0 5 7 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リード接続部のトラック幅方向の幅を、リフトオフレジストの切込部のトラック幅方向の幅によって規定できるので、リード接続部のトラック幅方向の寸法を精密に制御することができ、これによりリード接続部におけるリード層の接触面積を制御してセンス電流を効率よく積層体に印加できるように構成することが可能になる。

【 0 0 5 8 】

次に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層、別の非磁性導電層、別の固定磁性層及び別の反強磁性層を順次積層して積層膜を形成する積層膜形成工程と、

前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に一对の切込部が設けられてなる第1リフトオフレジストを、前記積層膜上に形成する第1レジスト形成工程と、前記基板に対して角度 θ_4 の方向からエッチング用粒子線を前記積層膜に照射して、前記第1リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、前記積層体の両側に、前記基板に対して角度 θ_5 （ただし $\theta_5 > \theta_4$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層位置まで一对のバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、前記第1リフトオフレジストを除去し、前記第1リフトオフレジストの前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面とを具備してなるとともに、この当接面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向両側に一对の切込部が設けられてなる第2リフトオフレジストを前記積層体上面のほぼ中央に形成する第2レジスト形成工程と、前記積層体に、前記基板に対して角度 θ_6 の方向から別のエッチング用粒子線を照射することにより、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある前記別の反強磁性層を少なくともエッチングして一对のリード接続部を形成するリード接続部形成工程と、前記積層体及び前記バイアス層上に、前記基板に対して角度 θ_6 の方向から更に別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体のトラック幅方向両側から中央に延出して前記リード接続部にて前記積層体に接続する一对のリード層を形成するリード層形成工程とからなることを特徴とする。

【0059】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、第1リフトオフレジストを用いて断面視略台形状の積層体を形成し、第2リフトオフレジストを用いてリード接続部を形成するので、積層体のトラック幅方向の幅と、リード接続部のトラック幅方向の幅をそれぞれ正確に制御することができ、狭トラック幅でサイドリーディング発生確率が低いスピバルブ型薄膜磁気素子を容易に製造することが可能になる。

【 0 0 6 0 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記リード接続部形成工程において、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層の一部若しくは全部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする。

【 0 0 6 1 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある別の反強磁性層に加えて、この反強磁性層に接して第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある固定磁性層の一部若しくは全部をエッチングしてリード接続部を形成するので、リード層を固定磁性層の一部、または非磁性導電層に接続させることができ、センス電流を効率よく積層体に与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造が可能になる。

【 0 0 6 2 】

更に本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記リード接続部形成工程において、前記第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある前記別の反強磁性層と前記別の固定磁性層と前記別の非磁性導電層の一部とをエッチングして一对のリード接続部を形成することを特徴とする。

【 0 0 6 3 】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある別の反強磁性層に加えて、この反強磁性層に接して第2リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある固定磁性層及び非磁性導電層の一部をエッチングしてリード接続部を形成するので、リード層を非磁性導電層に接続させることができ、センス電流をより効率よく積層体に与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造が可能になる。

【 0 0 6 4 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記積層

体形成工程において、前記第1リフトオフレジストの両側面よりもトラック幅方向外側にある積層膜を、前記基板に隣接する反強磁性層の一部を残してエッチングすることが好ましい。

【0065】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、基板に接する反強磁性層の一部を残して積層膜をエッチングするので、フリー磁性層や固定磁性層よりもトラック幅方向両側に突出した反強磁性層を形成することができ、前記バイアス層が形成される高さを、前記フリー磁性層の階層位置と同じ高さにて調整することができ、フリー磁性層に強いバイアス磁界を与えることが可能になる。

【0066】

更に、本発明のおスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記バイアス層形成工程において、前記バイアス層を形成するとともに、前記の角度 θ_4 の方向からスパッタ粒子を堆積することにより前記バイアス層上にTaまたはCrからなる中間層を積層し、前記リード接続部形成工程において、前記中間層の一部を同時にエッチングすることが好ましい。

【0067】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、バイアス層上に中間層を形成し、リード接続部を形成する際に中間層の一部を同時にエッチングするので、中間層を少なくともリード接続部より基板側に位置させることが可能になり、従ってリード接続部にはリード層のみを接続させることが可能になる。

また、バイアス層は中間層に覆われているので、リード接続部の形成の際にバイアス層がエッチングされることがなく、バイアス層の厚さが薄くなってバイアス磁界が減少するおそれをなくすることが可能になる。

【0068】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記の角度 θ_4 が $50 \sim 85^\circ$ の範囲であり、角度 θ_5 が $60 \sim 90^\circ$ の範囲であり、角度 θ_6 が $50 \sim 90^\circ$ の範囲であることが好ましい。

【0069】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピ

バルブ型薄膜磁気素子の製造方法であり、前記リード接続部のトラック幅方向の幅は、前記積層体の側面の位置から前記第2リフトオフレジストの側面の位置までの相対距離により規定されることを特徴とする。

【0070】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リード接続部のトラック幅方向の幅を、前記積層体の側面の位置から前記第2リフトオフレジストの側面の位置までの相対距離により規定することができるので、リード接続部のトラック幅方向の寸法を精密に制御することができ、これによりリード接続部におけるリード層の接触面積を制御してセンス電流を効率よく積層体に印加できるように構成することが可能になる。

【0071】

そして、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、先に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法であって、前記リード接続部形成工程において、エッチングの際に前記積層体から叩き出されたスパッタ粒子種を2次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することを特徴とする。

【0072】

係るスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リード接続部を形成する際のエッチングの終点を、2次イオン質量スペクトル分析法によりスパッタ粒子種を分析することにより行うので、リード接続部形成時のエッチングの精度を高くすることができ、リード接続部を精度良く形成することが可能になる。

【0073】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

なお、図1～図19において、図示Z方向は磁気記録媒体の移動方向であり、図示Y方向は磁気記録媒体からの漏れ磁界の方向であり、図示X1方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。

【0074】

(第1の実施形態)

図 1 に、本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示す。

また、図 2 にスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を具備してなる薄膜磁気ヘッド 3 0 0 を備えた浮上式磁気ヘッド 3 5 0 を示し、図 3 に薄膜磁気ヘッド 3 0 0 の要部の断面図を示す。

【 0 0 7 5 】

図 2 に示す本発明に係る浮上式磁気ヘッド 3 5 0 は、スライダ 3 5 1 と、スライダ 3 5 1 の端面 3 5 1 d に備えられた本発明に係る薄膜磁気ヘッド 3 0 0 を主体として構成されている。符号 3 5 5 はスライダ 3 5 1 の磁気記録媒体の移動方向の上流側であるリーディング側を示し、符号 3 5 6 はトレーリング側を示す。このスライダ 3 5 1 の媒体対向面 3 5 2 には、レール 3 5 1 a、3 5 1 a、3 5 1 b が形成され、各レール同士間は、エアーグループ 3 5 1 c、3 5 1 c とされている。

【 0 0 7 6 】

また図 3 に示すように、本発明に係る薄膜磁気ヘッド 3 0 0 は、スライダ 3 5 1 の端面 3 5 1 d 上に形成された絶縁層 3 6 2 に積層されており、絶縁層 3 6 2 上に積層された下部シールド層 3 6 3 と、下部シールド層 3 6 3 に積層された下部絶縁層 3 6 4 と、下部絶縁層 3 6 4 上に形成されて媒体対向面 3 5 2 上に露出する本発明に係るスピバルブ型薄膜磁気素子 1 と、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 を覆う上部絶縁層 3 6 6 と、上部絶縁層 3 6 6 を覆う上部シールド層 3 6 7 とから構成されている。

また上部シールド層 3 6 7 は、後述するインダクティブヘッド h の下部コア層と兼用とされている。

【 0 0 7 7 】

インダクティブヘッド h は、下部コア層（上部シールド層） 3 6 7 と、下部コア層 3 6 7 に積層されたギャップ層 3 7 4 と、コイル 3 7 6 と、コイル 3 7 6 を覆う上部絶縁層 3 7 7 と、ギャップ層 3 7 4 に接合され、かつコイル 3 7 6 側にて下部コア層 3 6 7 に接合される上部コア層 3 7 8 とから構成されている。

コイル 3 7 6 は、平面的に螺旋状となるようにパターン化されている。また、

コイル 376 のほぼ中央部分にて上部コア層 378 の基端部 378b が下部コア層 367 に磁氣的に接続されている。

また、上部コア層 378 には、アルミナなどからなるコア保護層 379 が積層されている。

【0078】

図 1 に示すように、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、フリー磁性層を中心としてその厚さ方向両側に非磁性導電層、固定磁性層及び反強磁性層が 1 層ずつ積層された、いわゆるデュアルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

このデュアルスピンバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層／非磁性導電層／固定磁性層の 3 層の組合せが 2 組存在するために、フリー磁性層／非磁性導電層／固定磁性層の 3 層の組合せが 1 組であるシングルスピンバルブ薄膜磁気素子と比較して、大きな抵抗変化率が期待でき、高密度記録に対応できるものとなっている。

【0079】

本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、下部絶縁層 364（基板）上に、Ta などからなる下地層 3、第 1 反強磁性層 4、第 1 固定磁性層 5、Cu などからなる第 1 非磁性導電層 6、フリー磁性層 7、Cu などからなる第 2 非磁性導電層（一部が狭幅な非磁性導電層）8、第 2 固定磁性層（狭幅な固定磁性層）9、第 2 反強磁性層（狭幅な反強磁性層）10 及び Ta などからなる保護層 11 が順次積層されて形成された積層体 12 と、この積層体 12 の両側に形成されてフリー磁性層 7 の磁化を揃える CoPt 合金等からなる一対のバイアス層 32、32 と、このバイアス層 32、32 上に形成されて検出電流を積層体 12 に与える Cu、Au、Cr、Ta、W、Rh 等からなる一対のリード層 34、34 とを主体として構成されている。

【0080】

フリー磁性層 7 は、Co 等よりなる第 1 拡散防止層 7a と、NiFe 合金よりなる強磁性自由層 7b と、Co 等よりなる第 2 拡散防止層 7c とが積層されて構成されている。第 1、第 2 拡散防止層 7a、7c は、隣接する第 1、第 2 非磁性導電層 6、8 との相互拡散を防止するとともに、抵抗変化率 ($\Delta R/R$) を増大

させる効果を奏する。

第1、第2拡散防止層7a、7cの膜厚は0.3～1.0nmの範囲、強磁性自由層7bの膜厚は1～3nmの範囲が好ましい。

このフリー磁性層7の磁化方向は、バイアス層32、32のバイアス磁界によって図示X1方向に揃えられている。このようにしてフリー磁性層7が単磁区化されることにより、スピバルブ型薄膜磁気素子1のバルクハウゼンノイズを低減できる。

【0081】

第1固定磁性層5は、第1強磁性ピンド層5aと、第1非磁性中間層5bと、第2強磁性ピンド層5cとが積層されて構成されている。第2強磁性ピンド層5cの膜厚は、第1強磁性ピンド層5aの膜厚より大とされている。

第1強磁性ピンド層5aの磁化方向は、第1反強磁性層4との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第2強磁性ピンド層5cは、第1強磁性ピンド層5aと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0082】

このように第1、第2強磁性ピンド層5a、5cの磁化方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第2強磁性ピンド層5cが第1強磁性ピンド層5aよりも厚く形成されているので、第2強磁性ピンド層5cの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、これにより第1固定磁性層5全体の正味の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

なお、第2強磁性ピンド層5cの膜厚を、第1強磁性ピンド層5aの膜厚より小としてもよい。

【0083】

第2固定磁性層9は、第3強磁性ピンド層9aと、第2非磁性中間層9bと、第4強磁性ピンド層9cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層9aの膜厚は、第4強磁性ピンド層9cの膜厚より大とされている。

第4強磁性ピンド層9cの磁化方向は、第2反強磁性層10との交換結合磁界

によって図示Y方向に固定され、また第3強磁性ピンド層9aは、第4強磁性ピンド層9cと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0084】

このように第1固定磁性層5の場合と同様に、第3、第4強磁性ピンド層9a、9cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第3強磁性ピンド層9aが第4強磁性ピンド層9cより厚く形成されているので、第3強磁性ピンド層9aの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第2固定磁性層9全体の正味の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

なお、第3強磁性ピンド層9aの膜厚を、第4強磁性ピンド層9cの膜厚より小としてもよい。

【0085】

このように第1、第2固定磁性層5、9は、第1～第4強磁性ピンド層5a、5c、9a、9cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第2、第3強磁性ピンド層5c、9aの磁化がそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド）を示す層となる。

また、フリー磁性層7の磁化方向と第1、第2固定磁性層5、9の正味の磁化方向とが交叉する関係になる。

【0086】

また、第1～第4強磁性ピンド層5a、5c、9a、9cは、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものであり、特にCoより形成されることが好ましい。また、第1～第4強磁性ピンド層5a、5c、9a、9cは同一の材料で形成されることが好ましい。また第1、第2非磁性中間層5b、9bは、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうちの1種またはこれらの合金からなることが好ましく、特にRuにより形成されることが好ましい。

第1、第4強磁性ピンド層5a、9cの膜厚は1～2nmの範囲が好ましく、第2、第3強磁性ピンド層5c、9aの膜厚は2～3nmの範囲が好ましい。

また、第1、第2非磁性中間層5b、9bの膜厚は0.7～0.9nmの範囲

が好ましい。

【0087】

なお、第1、第2固定磁性層5、9はそれぞれ2つの強磁性層（第1～第4強磁性ピンド層5a、5c、9a、9c）により構成されているが、これに限られず、2以上の強磁性層により構成されていても良い。この場合には、これらの強磁性層の間に非磁性中間層がそれぞれ挿入されるとともに、隣接する強磁性層同士それぞれの磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされていることが好ましい。

【0088】

このように、第1、第2固定磁性層5、9がいわゆる人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド）の層であるので、第1、第2固定磁性層5、9の正味の磁化方向を強固に固定して第1、第2固定磁性層5、9を安定させることができる。

【0089】

第1、第2非磁性導電層6、8は、フリー磁性層7と第1、第2固定磁性層5、9との磁気的な結合を小さくさせるとともにセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなどに代表される導電性を有する非磁性材料より形成されることが好ましく、特にCuより形成されることが好ましい。

第1、第2非磁性導電層6、8の膜厚は、それぞれ2～2.5nmの範囲とすることが好ましい。

【0090】

第1、第2反強磁性層4、10は、PtMn合金で形成されていることが好ましい。PtMn合金は、従来から反強磁性層として使用されているNiMn合金やFeMn合金などに比べて耐食性に優れ、しかもブロッキング温度が高く、交換結合磁界も大きい。

また、第1、第2反強磁性層4、10は、XMn合金、PtX'Mn合金（ただし前記組成式において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択される1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を

示す) のいずれかより形成されていても良い。

【0091】

前記 $PtMn$ 合金および前記 XMn の式で示される合金において、 Pt あるいは X が 37～63 原子% の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44～57 原子% の範囲である。

さらにまた、 $PtX'Mn$ の式で示される合金において、 $X' + Pt$ が 37～63 原子% の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44～57 原子% の範囲である。

第1、第2反強磁性層4、10の膜厚は、それぞれ8～11 nmの範囲とすることが好ましい。

【0092】

第1、第2反強磁性層4、10として上記した適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場中熱処理することで、大きな交換結合磁界を発生する第1、第2反強磁性層4、10を得ることができ、この交換結合磁界によって第1、第2固定磁性層5、9の磁化方向を強固に固定できる。とくに、 $PtMn$ 合金であれば、 $6.4 \times 10^4 A/m$ を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が653 K (380℃) と極めて高い第1、第2反強磁性層4、10を得ることができる。

【0093】

また、第1反強磁性層4は、第1固定磁性層5やフリー磁性層7よりも図示X1方向両側に突出して形成されている。そして、この第1反強磁性層4の突出部4a、4a上に、バイアス層32、32及びリード層34、34が順次積層されている。

そしてこの第1反強磁性層4の突出部4a、4aとバイアス層32、32との間に、TaまたはCrからなるバイアス下地層31、31が積層されている。例えば、非磁性金属であって体心立方構造(bcc構造)であるCrからなるバイアス下地層31、31上にバイアス層32、32を形成すると、バイアス層32、32の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層7の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

【 0 0 9 4 】

また、バイアス層 3 2、3 2 とリード層 3 4、3 4 との間には T a または C r からなる中間層 3 3、3 3 が積層されている。リード層 3 4、3 4 として C r を用いた場合は、T a の中間層 3 3、3 3 を設けることにより、後工程のレジスト硬化などの熱プロセスに対して拡散バリアーとして機能し、バイアス層 3 2、3 2 の磁気特性の劣化を防ぐことができる。また、リード層 3 4、3 4 として T a を用いる場合は、C r の中間層 3 3、3 3 を設けることにより、C r の上に堆積する T a の結晶を、より低抵抗の体心立方構造としやすくする効果がある。

【 0 0 9 5 】

また積層体 1 2 の図示 X1 方向両側に位置して下部絶縁層 3 6 4（基板）から離れた側に一对の切欠部が形成され、これが一对のリード接続部 4 0、4 0 とされている。

リード接続部 4 0、4 0 は、第 2 固定磁性層 9 及び第 2 反強磁性層 1 0 の図示 X1 方向両側と、第 2 非磁性導電層 8 の一部の X1 方向両側とに形成されている。

第 2 反強磁性層 1 0 及び第 2 固定磁性層 9 は、その図示 X1 方向（トラック幅方向）の幅が、フリー磁性層 7 の幅よりも狭幅とされている。

また、第 2 非磁性導電層 8 のうち第 2 固定磁性層 9 側の部分の幅も同様にフリー磁性層 7 の幅より狭幅とされている。

また、第 2 非磁性導電層 8 のフリー磁性層 7 側の部分は、フリー磁性層 7 の幅とほぼ同等とされており、図示 X1 方向に突出した突出部 8 a、8 a を有している。

【 0 0 9 6 】

このリード接続部 4 0、4 0 にはリード層 3 4、3 4 のオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が接続されている。

リード層 3 4、3 4 は、積層体 1 2 の X1 方向両側から積層体 1 2 の中央に向けてバイアス層 3 2、3 2 上を延出して積層体 1 2 の図示 X1 方向両端に被着し、オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a がリード接続部 4 0、4 0 に接続している。

またオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a は、図示 X1 方向において相互に T w の間隔をあけてリード接続部 4 0、4 0 に配置されている。この間隔 T w がスピンバ

ルブ型薄膜磁気素子 1 の光学的なトラック幅となる。

【 0 0 9 7 】

従ってリード接続部 4 0、4 0 においては、第 2 非磁性導電層 8 の突出部 8 a、8 a が図示 X1 方向に延出しており、このためオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が第 2 反強磁性層 1 0 を介することなくこの第 2 非磁性導電層 8 の突出部 8 a、8 a に直接に接合している。また、オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a は突出部 8 a、8 a によってフリー磁性層 7 から離間されている。

【 0 0 9 8 】

各リード接続部 4 0 の図示 X1 方向（トラック幅方向）の幅 M は、0. 0 3 ~ 0. 5 μ m の範囲が好ましい。幅 M がこの範囲であれば、リード接続部 4 0 におけるリード層 3 4 と積層体 1 2 との接合面積を大きくすることができ、磁気抵抗効果に寄与しない接合抵抗を低減してセンス電流を積層体 1 2 に効率よく流すことができ、再生特性の向上を図ることができる。

【 0 0 9 9 】

リード接続部 4 0、4 0 が切欠部とされ、リード層 3 4、3 4 がこの切欠部にはめ込まれる形で接続されるので、積層体 1 2 とリード層 3 4、3 4 との段差を小さくすることができ、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子 1 のギャップ幅を小さくすることができ、また図 3 に示すようにこのスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の上部に上部絶縁層 3 6 6 を積層した場合にはこの上部絶縁層 3 6 6 にピンホール等が生じるおそれがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 の絶縁性を高めることができる。

【 0 1 0 0 】

積層体 1 2 の図示 X₁ 方向両側、即ちトラック幅方向両側には、例えば C o P t（コバルト白金）合金からなる一対のバイアス層 3 2、3 2 が形成されている。バイアス層 3 2、3 2 は、フリー磁性層 7 と同じ階層位置に位置してフリー磁性層 7 に隣接している。また、バイアス層 3 2、3 2 の上面 3 2 a、3 2 a は、リード接続部 4 0、4 0 よりも下部絶縁層 3 6 4（基板）側の位置で積層体 1 2 に接合している。また、バイアス層 3 2、3 2 は C o P t 等の硬磁性体に限られるものではなく、反強磁性膜と強磁性膜の積層体からなる交換結合膜（エキスチ

エンジバイアス膜)であってもよい。

また、バイアス層 3 2、3 2 とリード層 3 4、3 4 との間には、中間層 3 3、3 3 が形成されている。中間層 3 3、3 3 は、第 2 非磁性導電層 8 の図示 X1 方向両側から突出部 8 a、8 a に当接している。

従ってリード接続部 4 0、4 0 には、リード層 3 4、3 4 のみが接続される。

【0101】

このスピバルブ型薄膜磁気素子 1 では、図 1 に示すようにセンス電流 J (矢印 J) は主に、オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a の先端 3 4 b、3 4 b の近傍から積層体 1 2 に印加される。

従って、積層体 1 2 のなかで最もセンス電流が流れやすいのは、積層体 1 2 の中央であってオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が被着されていない領域であり、この領域にセンス電流が集中するため、先に説明した磁気抵抗 (MR) 効果が実質的に大きくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が被着されていない領域を図 1 に示すように感度領域 S と称する。

一方、オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が被着されている領域では、感度領域 S に比べてセンス電流が極めて小さくなり、これにより磁気抵抗 (MR) 効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が低下する。このようにオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が被着された領域を不感度領域 N と称する。

【0102】

リード層 3 4、3 4 の一部 (オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a) を積層体 1 2 のトラック幅方向両端部上にあるリード接続部 4 0、4 0 に被着させることにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分 (感度領域 S) と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分 (不感領域 N) とが形成され、感度領域 S の幅がスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の磁氣的なトラック幅となり、狭トラック化に対応することが可能になる。

【0103】

またオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a が、高比抵抗な第 2 反強磁性層 1 0 を介することなく、直接に Cu からなる低比抵抗な第 2 非磁性導電層 8 の突出部 8 a に

接合しているのので、センス電流のうち、リード接続部 4 0、4 0 を介して積層体 1 2 に流れる成分を大きくすることができ、これにより他の分流成分を大幅に低減することができる。

とくに、リード層 3 4、3 4 からバイアス層 3 2、3 2 を介して第 2 反強磁性層 1 0 より下部絶縁層 3 6 4（基板）側の積層体 1 2 に流れる分流成分が大幅に低減され、これにより不感領域 N に流れるセンス電流が小さくなる。

これによりセンス電流を、リード層 3 4、3 4 が被着されていない感度領域 S に集中させることができ、感度領域 S における電圧変化が向上し、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 の出力特性を向上できる。

また、センス電流の分流成分が低減されるので、リード層 3 4、3 4 が被着形成されている不感領域 N では磁気抵抗効果が実質的に発現せず、磁気記録媒体の記録トラックからの漏れ磁界を検出することがなく、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子 1 のサイドリーディングを防止することができる。

【0 1 0 4】

なお、積層体 1 2 の感度領域 S は、マイクロトラックプロファイル法によりその範囲を決定することができる。即ち感度領域は、ある信号が記録された微小トラック上にスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を走査させた場合に得られる再生出力のうち最大出力の 5 0 % 以上の出力が得られた領域と定義することができる。

また積層体 1 2 の不感領域 N は、感度領域 S の両側であって、出力が最大出力の 5 0 % 以下となる領域として定義することができる。

【0 1 0 5】

以下、マイクロトラックプロファイル法について、図 4 に基づいて説明する。

図 4 に示すように、磁気抵抗効果を発揮する積層体と、その両側に形成されたバイアス層と、このバイアス層上に形成されて積層体に被着したリード層とを有する、本発明に係るスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を基板上に形成する。

【0 1 0 6】

次に、光学顕微鏡または電子顕微鏡によって、電極層が覆い被さっていない積層体の上面の幅寸法 A を測定する。この幅寸法 A は光学的方法によって測定されたトラック幅 T w（以下、光学的トラック幅寸法 T w）として定義される。

【0107】

そして、磁気記録媒体上に、微小トラックとして、所定の信号を記録しておき、スピナルブ型薄膜磁気素子1を、この微小トラック上でトラック幅方向に走査させて幅寸法Aと、再生出力との関係を測定する。あるいは、微小トラックが形成された磁気記録媒体側を、スピナルブ型薄膜磁気素子上にトラック幅方向に走査させて積層体の幅寸法Aと、再生出力との関係を測定してもよい。その測定結果は、図4の下側に示されている。

【0108】

この測定結果によると、積層体の中央付近では、再生出力が高くなり、前記積層体の側部付近では、再生出力が低くなることがわかる。この結果から、積層体の中央付近では、良好に磁気抵抗効果が発揮され、再生機能に関与するが、その両側部付近においては、磁気抵抗効果が悪化して再生出力が低く、再生機能が低下している。

【0109】

本発明では、最大再生出力に対して50%以上の再生出力が発生する積層体の幅寸法Bで形成された領域を感度領域Sと定義し、最大再生出力に対して50%以下の再生出力しか発生しない積層体の幅寸法Cを有して形成された領域を不感領域Nとして定義する。

図4に示すように感度領域Sは、実質的に磁気抵抗効果を示す領域であり、この感度領域Sの幅寸法Bが、磁気的なトラック幅寸法となる。

図4に示すように、感度領域Sのトラック幅（幅寸法B）は、光学的トラック幅Tw（寸法A）よりも若干大きい、積層体全体の幅が零点数 μm 程度であることを鑑みると、その差は極めて小さく、実質的に同一とみなすことができる。

【0110】

次に、上記のスピナルブ型薄膜磁気素子1の製造方法を図面を参照して説明する。

この製造方法は、積層膜を形成する積層膜形成工程と、リフトオフレジストを形成するレジスト形成工程と、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、バイアス層を積層するバイアス層形成工程と、リード接続部形成工程と、

リード層形成工程とからなる。

【0111】

まず、積層膜形成工程では、図5に示したように、下部絶縁層364（基板）上に下地層3、第1反強磁性層4、第1強磁性ピンド層5a、第1非磁性中間層5b、第2強磁性ピンド層5c、第1非磁性導電層6、第1拡散防止層7a、強磁性自由層7b、第2拡散防止層7c、第2非磁性導電層8、第3強磁性ピンド層9a、第2非磁性中間層9b、第4強磁性ピンド層9c、第2反強磁性層10及び保護層11を順次積層して積層膜12aを形成する。

次にレジスト形成工程では、図5に示すように、積層膜12a上にリフトオフレジストLを形成する。リフトオフレジストLは、積層膜12aに接する当接面51とこの当接面51を挟む両側面52、52とを具備してなるものであり、また当接面51と両側面52、52の間であって当接面51のトラック幅方向両側には、一対の切込部53、53が設けられている。

【0112】

次に積層体形成工程では、図6に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_1 の方向からアルゴン等の不活性ガス元素のイオンビーム等（エッチング用粒子線）を積層膜12aに照射し、リフトオフレジストLの両側面52、52よりも図示X1方向外側（トラック幅方向外側）にある積層膜12aを第1反強磁性層4の途中までエッチングする。

このようにして断面視略台形状の積層体12を形成する。なお、積層体12の第1反強磁性層4は、この層の途中までエッチングされたことによってその一部が残存し、図示X1方向両側に延出する延出部4a、4aを有している。

【0113】

また、エッチングは、Arによるイオンミリングや、反応性イオンエッチング（RIE）等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング用粒子線の直進性に優れており、エッチング用粒子線を特定の方向から照射できる。

また、イオンビーム等のエッチング用粒子線の照射方向を決める角度 θ_1 は60～85°の範囲であることが好ましい。

角度 θ_1 は、例えばイオンガンのグリッドと、下部絶縁層364とのなす角度

を調整することにより規定することができる。

【0114】

このように、角度 θ_1 からエッチング用粒子線を照射することにより、積層膜12aに対して異方性エッチングを行うことができ、リフトオフレジストLの両側面52、52より外側にある積層膜12aをエッチングして略台形状の積層体12を形成することができる。

【0115】

次にバイアス層形成工程においては、図7に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_2 （ただし $\theta_2 > \theta_1$ ）の方向からスパッタ粒子を積層体12の両側に堆積することにより、バイアス下地層31とバイアス層32を積層する。バイアス下地層31及びバイアス層32は、積層体12の両側であって第1反強磁性層4の延出部4a、4a上に積層する。また、バイアス層32、32は、少なくともフリー磁性層7と同じ階層位置まで積層することが好ましく、図7においては、バイアス層32の上面32aがフリー磁性層7と第2非磁性導電層8の接合部と同じ位置になるようにバイアス層32を積層する。

また、スパッタ粒子の堆積の際には、リフトオフレジストLに対してもスパッタ粒子の堆積が起き、リフトオフレジストL上に、バイアス下地層31及びバイアス層32と同じ組成の層31'、32'が形成する。

【0116】

次に図8に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_1 の方向からスパッタ粒子をバイアス層32、32上に堆積することによって中間層33、33を積層する。中間層33、33は、保護層11と同じ階層位置まで積層することが好ましく、図8においては、中間層33の上面が積層体12の保護層11の上面と同じ位置になる。

また、スパッタ粒子の堆積の際には、リフトオフレジストLに対してもスパッタ粒子の堆積が起き、リフトオフレジストL上に、中間層33と同じ組成の層33'が形成する。

【0117】

スパッタ粒子の堆積は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、

コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スパッタ粒子の直進性に優れており、スパッタ粒子を特定の方向から照射できる。

【0 1 1 8】

角度 θ_2 は $70 \sim 90^\circ$ の範囲であることが好ましい。

角度 θ_2 は角度 θ_1 より大きくすること、即ち下部絶縁層364表面に対して角度 θ_2 を角度 θ_1 より鈍角にすることが好ましい。

角度 θ_1 及び角度 θ_2 は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0 1 1 9】

このようにスパッタ粒子を角度 θ_2 の方向から堆積することにより、バイアス下地層31、31及びバイアス層32、32を、リフトオフレジストLの両側面52、52の図示X1方向外側のみに積層することができ、またバイアス層32、32を積層体12の両側面に乗り上げさせることなくフリー磁性層7と同じ階層位置に形成することができる。

また、中間層33の形成を、角度 θ_1 の方向からスパッタ粒子を堆積して行うことにより、中間層33、33を積層体12の保護層11の上面と同じ位置まで形成することができる。

【0 1 2 0】

次に、リード接続部形成工程では、図9に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_3 （ただし $\theta_2 > \theta_3$ ）の方向から別のアルゴン等の不活性ガス元素のイオンビーム（エッチング用粒子線）を照射する。これにより、一对の切込部53、53に対応する位置にある保護層11、第2反強磁性層10、第2固定磁性層9及び第2非磁性導電層8の一部がエッチングされて積層体12の図示X1方向両端が切欠部とされ、一对のリード接続部40、40が形成される。

このとき、第2非磁性導電層8の一部がエッチングされることにより、トラック幅方向両側に延出する延出部8a、8aが形成される。

またこのとき、中間層33も同時にエッチングされ、その上面が第2非磁性導電層8の延出部8a、8aの上面と同じ階層位置までエッチングされる。

【0121】

また、エッチングは、Arによるイオンミリングや、反応性イオンエッチング（RIE）等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング用粒子線の直進性に優れており、エッチング用粒子線を特定の方法から照射できる。

また、イオンビーム等のエッチング用粒子線の照射方向を決める角度 θ_3 は $40 \sim 70^\circ$ の範囲であることが好ましい。

角度 θ_3 は角度 θ_1 や角度 θ_2 より小さくすること、即ち下部絶縁層364表面に対して角度 θ_3 を角度 θ_1 や角度 θ_2 より鋭角にすることが好ましい。

角度 θ_3 は、例えばイオンガンのグリッドと、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0122】

このように、角度 θ_1 、 θ_2 より鋭角な角度 θ_3 の方向からスパッタ粒子を照射することにより、リフトオフレジストLの切込部53、53に対応する位置にある積層体12までスパッタ粒子を照射することができ、積層体12の一部に切欠部を設けてリード接続部40、40を形成することができる。

【0123】

また、各リード接続部40の図示X1方向の幅Mは、リフトオフレジストLの各切込部53の図示X1方向の幅M'により規定される。図8においては、リード接続部40の図示X1方向の幅Mは、切込部53の図示X1方向の幅M'よりも若干大きくなっているが、積層体12全体の幅が零点数 μm 程度であることを鑑みると、幅Mと幅M'の差は小さく、実質的に同一であるとみなすことができる。従って、リード接続部40の図示X1方向の幅Mを、切込部53の図示X1方向の幅M'によって規定できるので、リード接続部40の図示X1方向の幅寸法を精密に制御することができ、リード接続部40におけるリード層34の接触面積を制御してセンス電流を効率よく積層体12に印加できるように構成することができる。

【0124】

更に、エッチングの際に積層体12から叩き出されたスパッタ粒子種を2次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することが好

ましい。

例えば第3強磁性ピンド層9aをFeNi合金、第2非磁性導電層をCuでそれぞれ構成した場合は、エッチングを行うことにより、第3強磁性ピンド層9aを構成するFe、Niのスputタ粒子が叩き出された後に、第2非磁性導電層8を構成するCuが叩き出されるので、2次イオン質量スペクトル分析法によりCuを検出してから所定の時間経過後にエッチングを停止すれば、第2非磁性導電層8の一部までエッチングした時点でリード接続部40の形成を止めることができる。

これにより、リード接続部40形成時のエッチングの精度を高くすることができ、リード接続部40、40を精度良く形成できる。

【0125】

そして、リード層形成工程では、図10に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_3 の方向から更に別のスputタ粒子を堆積することにより、リード層34、34を積層する。

リード層34、34は、中間層33、33及び第2非磁性導電層8の延出部8a、8a上に積層される。このようにして、積層体12のX1方向両側から積層体12の中央に延出し、リード接続部40、40にてこの積層体12に接続するリード層34、34が形成される。

また、スputタ粒子の堆積の際には、リフトオフレジストLに対してもスputタ粒子の堆積が起き、リフトオフレジストL上に、リード層34と同じ組成の層34'が形成する。

【0126】

スputタ粒子の堆積は、イオンビームスputタ法、ロングスロースputタ法、コリメーションスputタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスputタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スputタ粒子の直進性に優れており、スputタ粒子を特定の方向から照射できる。

また、スputタ粒子の照射方向を決める角度 θ_3 はリード接続部形成工程の際におけるイオンビームの照射角度とほぼ同じにすることが好ましい。

角度 θ_3 は、例えばスputタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層364とのな

す角度を調整することにより規定することができる。

【0127】

このように、角度 θ_3 からスパッタ粒子を堆積することにより、リフトオフレジストLの切込部53、53に対応する位置にあるリード接続部40、40上にリード層34、34を積層することができ、リード層34、34のオーバーレイ部34a、34aを第2非磁性導電層8の延出部8a、8aに直接に接合させることができる。

【0128】

最後に、リフトオフレジストLを除去し、磁場中アニール処理等を行って第1、第2反強磁性層4、10に交換結合磁界を発現させて第1、第2固定磁性層5、9の磁化方向を固定するとともに、バイアス層32、32にバイアス磁界を発現させてフリー磁性層7の磁化方向を図示X1方向に揃えさせることにより、図1に示すようなスピバルブ型薄膜磁気素子1が得られる。

【0129】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子1の製造方法によれば、角度 θ_1 の方向からイオンビーム等のエッチング用粒子線を照射して断面視略台形状の積層体12を形成し、更に角度 θ_3 ($\theta_1 > \theta_3$) の方向から別のスパッタ粒子を照射して、リフトオフレジストLの切込部53、53に対応する位置に一对のリード接続部40、40を形成するので、1つのリフトオフレジストLによって積層体12の形成とリード接続部40、40の形成を行うことができ、スピバルブ型薄膜磁気素子1の製造工程を短縮化することができる。

【0130】

次に、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子1の他の製造方法を図面を参照して説明する。

この他の製造方法が先の製造方法と異なる点は、積層体の形成及びリード接続部の形成を、別個のリフトオフレジストにより行う点である。

この他の製造方法は、積層膜を形成する積層膜形成工程と、第1リフトオフレジストを形成する第1レジスト形成工程と、断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、バイアス層を積層するバイアス層形成工程と、第2リフトオ

フレジストを形成する第 2 レジスト形成工程と、リード接続部形成工程と、リード層形成工程とから構成されている。

【 0 1 3 1 】

まず図 1 1 に示すように、積層膜形成工程では、図 5 で説明したのと同様にして下地層 3 から保護層 1 1 までを順次積層して積層膜 1 2 a を形成する。

次に第 1 レジスト形成工程では、図 1 1 に示すように、積層膜 1 2 a 上に第 1 リフトオフレジスト L 1 を形成する。第 1 リフトオフレジスト L 1 は、積層膜 1 2 a に接する当接面 5 4 とこの当接面 5 4 を挟む両側面 5 5、5 5 とを具備してなるものであり、また当接面 5 4 と両側面 5 5、5 5 の間であって当接面 5 4 のトラック幅方向両側には、一対の切込部 5 6、5 6 が設けられている。

【 0 1 3 2 】

両側面 5 5、5 5 の図示 X1 方向の間隔は、先の製造方法にて用いたリフトオフレジスト L の両側面 5 2、5 2 の間隔とほぼ同等とされ、また当接面 5 4 の図示 X1 方向の幅は、先の製造方法にて用いたリフトオフレジスト L の当接面 5 1 の幅より大とされている。

従って第 1 リフトオフレジスト L 1 の切込部 5 6、5 6 の図示 X1 方向の幅は、先の製造方法にて用いたリフトオフレジスト L の切込部 5 3、5 3 の幅より小とされている。

【 0 1 3 3 】

次に積層体形成工程では、図 1 2 に示すように、下部絶縁層 3 6 4（基板）に対して角度 θ_4 の方向からイオンビーム等のエッチング用粒子線を積層膜 1 2 a に照射し、第 1 リフトオフレジスト L 1 の両側面 5 5、5 5 よりも図示 X1 方向外側（トラック幅方向外側）にある積層膜 1 2 a を第 1 反強磁性層 4 の途中までエッチングする。

このようにして断面視略台形状の積層体 1 2 を形成する。なお、積層体 1 2 の第 2 反強磁性層 4 は、この層の途中までエッチングされたことによってその一部が残存し、図示 X1 方向両側に延出する延出部 4 a、4 a を有している。

【 0 1 3 4 】

また、エッチングは、Ar によるイオンミリングや、反応性イオンエッチング

(RIE)等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング用粒子線の直進性に優れており、エッチング用粒子線を特定の方向から照射できる。

また、イオンビーム等のエッチング用粒子線の照射方向を決める角度 θ_4 は $50 \sim 85^\circ$ の範囲であることが好ましい。

角度 θ_4 は、例えばイオンガンのグリッドと、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0135】

このように、角度 θ_4 からエッチング用粒子線を照射することにより、積層膜12aに対して異方性エッチングを行うことができ、第1リフトオフレジストL1の両側面55、55より外側にある積層膜12aをエッチングして略台形状の積層体12を形成することができる。

【0136】

次にバイアス層形成工程においては、図13に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_5 （ただし $\theta_5 > \theta_4$ ）の方向からスパッタ粒子を積層体12の図示X1方向両側に堆積することにより、バイアス下地層31とバイアス層32とを積層する。バイアス下地層31及びバイアス層32は、積層体12の両側であって第1反強磁性層4の延出部4a、4a上に積層する。また、バイアス層32、32は、少なくともフリー磁性層7と同じ階層位置まで積層することが好ましく、図13においては、バイアス層32の上面32aがフリー磁性層7と第2非磁性導電層8の接合部と同じ位置になるようにバイアス層32を積層する。

また、スパッタ粒子の堆積の際には、第1リフトオフレジストL1に対してもスパッタ粒子の堆積が起き、第1リフトオフレジストL1上に、バイアス下地層31及びバイアス層32と同じ組成の層31'、32'が形成する。

【0137】

次に図14に示すように、下部絶縁層364（基板）に対して角度 θ_4 の方向からスパッタ粒子をバイアス層32、32上に堆積することによって中間層33、33を積層する。中間層33、33は、保護層11と同じ階層位置まで積層することが好ましく、図14においては、中間層33の上面が積層体12の保護層

11の上面と同じ位置になる。

また、スパッタ粒子の堆積の際には、第1リフトオフレジストL1に対してもスパッタ粒子の堆積が起き、第1リフトオフレジストL1上に、中間層33と同じ組成の層33'が形成する。

【0138】

スパッタ粒子の堆積は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スパッタ粒子の直進性に優れており、スパッタ粒子を特定の方向から照射できる。

【0139】

角度 θ_5 は $60 \sim 90^\circ$ の範囲であることが好ましい。

角度 θ_5 は角度 θ_4 より大きくすること、即ち下部絶縁層364表面に対して角度 θ_5 を角度 θ_4 より鈍角にすることが好ましい。

角度 θ_4 及び角度 θ_5 は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層364とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【0140】

このようにスパッタ粒子を角度 θ_5 の方向から堆積することにより、バイアス下地層31、31及びバイアス層32、32を、第1リフトオフレジストL1の両側面55、55の図示X1方向外側のみに積層することができ、またバイアス層32、32を積層体12の両側面に乗り上げさせることなくフリー磁性層7と同じ階層位置に形成することができる。

また、中間層33、33の形成を、角度 θ_4 の方向からスパッタ粒子を堆積して行うことにより、中間層33、33を積層体12の保護層11の上面と同じ位置まで形成することができる。

【0141】

次に第2レジスト形成工程では、図15に示すように、第1リフトオフレジストL1を除去した後に、積層体12上に第2リフトオフレジストL2を形成する。第2リフトオフレジストL2は、積層体12に接する当接面57とこの当接面57を挟む両側面58、58とを具備してなるものであり、また当接面57と両

側面 5 8、5 8 の間であって当接面 5 7 の図示 X1 方向両側には、一对の切込部 5 9、5 9 が設けられている。

当接面 5 7 の図示 X1 方向の幅は、第 1 リフトオフレジスト L 1 の当接面 5 4 の幅より小とされている。

【 0 1 4 2 】

次に、リード接続部形成工程では、図 1 6 に示すように、下部絶縁層 3 6 4 (基板) に対して角度 θ_6 の方向から別のスパッタ粒子を照射する。これにより、第 2 リフトオフレジスト L 2 の両側面 5 8、5 8 より外側に位置する保護層 1 1、第 2 反強磁性層 1 0、第 2 固定磁性層 9 及び第 2 非磁性導電層 8 の一部がエッチングされて積層体 1 2 の図示 X1 方向両端が一对の切欠部とされ、一对のリード接続部 4 0、4 0 が形成される。

このとき、第 2 非磁性導電層 8 の一部がエッチングされることにより、フリー磁性層 7 上にトラック幅方向両側に延出する延出部 8 a、8 a が形成される。

またこのとき、中間層 3 3 も同時にエッチングされ、その上面が第 2 非磁性導電層 8 の延出部 8 a、8 a の上面と同じ階層位置までエッチングされる。

【 0 1 4 3 】

また、エッチングは、Ar によるイオンミリングや、反応性イオンエッチング (R I E) 等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング用粒子線の直進性に優れており、エッチング用粒子線を特定の方向から照射できる。

また、エッチング用粒子線の照射方向を決める角度 θ_6 は $50 \sim 90^\circ$ の範囲であることが好ましい。

角度 θ_6 は、例えばイオンガンのグリッドと、下部絶縁層 3 6 4 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【 0 1 4 4 】

このように、角度 θ_6 からエッチング用粒子線を照射することにより、積層体 1 2 に対して異方性エッチングを行うことができ、第 2 リフトオフレジスト L 2 の両側面 5 8、5 8 より外側にある積層体 1 2 の図示 X1 方向両端をエッチングにより切欠部として、リード接続部 4 0、4 0 を形成することができる。

【 0 1 4 5 】

各リード接続部 4 0 の図示 X1 方向の幅 M は、図示 X1 方向における積層体 1 2 の側面の位置と第 2 リフトオフレジスト L 2 の側面 5 8 の位置との相対距離により規定される。

積層体 1 2 の側面の位置は、積層体形成工程の際に第 1 リフトオフレジスト L 1 の側面 5 5 の位置により決められる。従って、リード接続部 4 0 の幅 M は、第 1 リフトオフレジスト L 1 の両側面と第 2 リフトオフレジスト L 2 のそれぞれの両側面の間隔を調整することによって規定できるので、リード接続部 4 0 の図示 X1 方向の幅寸法を精密に制御することができ、リード接続部 4 0 におけるリード層 3 4 の接触面積を制御してセンス電流を効率よく積層体 1 2 に印加できるように構成することができる。

【0 1 4 6】

更に、先の製造方法と同様に、エッチングの際に積層体 1 2 から叩き出されたスパッタ粒子種を 2 次イオン質量スペクトル分析法により分析してエッチングの終点を検出することが好ましい。

例えば第 3 強磁性ピンド層 9 a を F e N i 合金、第 2 非磁性導電層 8 を C u でそれぞれ構成した場合は、エッチングを行うことにより、第 3 強磁性ピンド層 9 a を構成する F e、N i のスパッタ粒子が叩き出された後に第 2 非磁性導電層 8 を構成する C u が叩き出されるので、2 次イオン質量スペクトル分析法により C u を検出してから所定の時間経過後にエッチングを停止すれば、第 2 非磁性導電層 8 の一部までエッチングした時点でリード接続部 4 0 の形成を止めることができる。

これにより、リード接続部 4 0 形成時のエッチングの精度を高くすることができ、リード接続部 4 0、4 0 を精度良く形成できる。

【0 1 4 7】

そして、リード層形成工程では、図 1 7 に示すように、下部絶縁層 3 6 4 (基板) に対して角度 θ_6 の方向から更に別のスパッタ粒子を堆積することにより、リード層 3 4、3 4 を積層する。

リード層 3 4、3 4 は、中間層 3 3、3 3 及び第 2 非磁性導電層 8 の延出部 8 a、8 a 上に積層される。このようにして、積層体 1 2 の X1 方向両側から積層

体 1 2 の中央に延出し、リード接続部 4 0、4 0 にてこの積層体 1 2 に接続するリード層 3 4、3 4 が形成される。

【 0 1 4 8 】

スパッタ粒子の堆積は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により行うことが好ましい。これらの方法は、スパッタ粒子の直進性に優れており、スパッタ粒子を特定の方向から照射できる。

また、スパッタ粒子の照射方向を決める角度 θ_6 はリード接続部形成工程の際におけるスパッタ粒子の照射角度とほぼ同じにすることが好ましいが、異なる角度で成膜されても良い。

角度 θ_6 は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層 3 6 4 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

【 0 1 4 9 】

このように、角度 θ_6 からスパッタ粒子を堆積することにより、第 2 リフトオフレジスト L 2 の両側面 5 8、5 8 より図示 X1 方向両側にあるリード接続部 4 0、4 0 上にリード層 3 4、3 4 を積層することができ、リード層 3 4、3 4 のオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a を第 2 非磁性導電層 8 の延出部 8 a、8 a に直接に接合させることができる。

【 0 1 5 0 】

最後に、第 2 リフトオフレジスト L 2 を除去し、磁場中アニール処理等を行って第 1、第 2 反強磁性層 4、1 0 に交換結合磁界を発現させて第 1、第 2 固定磁性層 5、9 の磁化方向を固定するとともに、バイアス層 3 2、3 2 にバイアス磁界を発現させてフリー磁性層 7 の磁化方向を図示 X1 方向に揃えさせることにより、図 1 に示すようなスピバルブ型薄膜磁気素子 1 が得られる。

【 0 1 5 1 】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の他の製造方法によれば、第 1 リフトオフレジスト L 1 を用いて断面視略台形状の積層体 1 2 を形成し、第 2 リフトオフレジスト L 2 を用いてリード接続部 4 0、4 0 を形成するので、積層体 1 2 のトラック幅方向の幅と、リード接続部 4 0、4 0 のトラック幅方向の幅をそれぞれ

正確に制御することができ、狭トラック幅でサイドリーディング発生確率が低いスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を容易に製造することができる。

【 0 1 5 2 】

(第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態を図面を参照にして説明する。

図 1 8 に、本発明の第 2 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示す。

【 0 1 5 3 】

図 1 8 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、第 1 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 と同様に薄膜磁気ヘッドを構成し、この薄膜磁気ヘッドはインダクティブヘッドとともに浮上式磁気ヘッドを構成する。

【 0 1 5 4 】

このスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、第 1 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 と同様に、フリー磁性層 7 の厚さ方向両側に、第 1、第 2 非磁性導電層 6、1 0 8、第 1、第 2 固定磁性層 5、1 0 9、第 1、第 2 反強磁性層 4、1 1 0 が順次積層されてなるデュアルスピバルブ薄膜磁気素子である。

【 0 1 5 5 】

即ちこのスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、下部絶縁層 3 6 4 に積層された下地層 3 上に、第 1 反強磁性層 4、第 1 固定磁性層 5、第 1 非磁性導電層 6、フリー磁性層 7、第 2 非磁性導電層 1 0 8、第 2 固定磁性層 1 0 9（一部が狭幅な固定磁性層）、第 2 反強磁性層 1 1 0（狭幅の反強磁性層）及び保護層 1 1 1 が順次積層されて構成されている。

このように下地層 3 から保護層 1 1 1 間での各層が順次積層されて断面視略台形状の積層体 1 1 2 が形成されている。

またこのスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、積層体 1 1 2 の両側に形成されてフリー磁性層 7 の磁化を揃える C o P t 合金等からなる一対のバイアス層 1 3 2、1 3 2 と、このバイアス層 1 3 2、1 3 2 上に形成されて検出電流を積層体 1 1 2 に与える C u、A u、T a、C r、W、R h 等からなる一対のリード層 1 3 4、1 3 4 が備えられている。

【0156】

このスピバルブ型薄膜磁気素子101が先に説明した第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と異なる点は、保護層111と第2反強磁性層110と第4強磁性ピンド層109c及び第2非磁性中間層109bのトラック幅方向両端がそれぞれ切欠部とされてこれらの層のトラック幅方向両側にリード接続部140、140が形成され、このリード接続部140、140にリード層134、134のオーバーレイ部134a、134aが接続されている点である。

【0157】

従って、本実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子101を構成する下地層3、第1反強磁性層4、第1固定磁性層5、フリー磁性層7及びバイアス下地層31、31は、第1実施形態の下地層3、第1反強磁性層4、第1固定磁性層5、フリー磁性層7及びバイアス下地層31、31と同じ構成であるので、その説明を省略する。

【0158】

第2固定磁性層109は、第3強磁性ピンド層109aと、第2非磁性中間層109bと、第4強磁性ピンド層109cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層109aの膜厚は、第4強磁性ピンド層109cの膜厚より大とされている。

また、第4強磁性ピンド層109及び第2非磁性中間層109bは、その図示X1方向の幅が、第3強磁性ピンド層109aの幅よりも狭幅とされている。

このようにして、第2固定磁性層109の一部がフリー磁性層7よりも狭幅に形成されている。

そして第4強磁性ピンド層109cの磁化方向は、第2反強磁性層110との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第3強磁性ピンド層109aは、第4強磁性ピンド層109cと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0159】

第3、第4強磁性ピンド層109a、109cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第3強磁性ピンド層109aが第4強磁性ピ

ンド層109cより厚く形成されているので、第3強磁性ピンド層109aの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第2固定磁性層109全体の正味の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

【0160】

従って第2固定磁性層109は、第3、第4強磁性ピンド層109a、109cがそれぞれ反強磁性的に結合して第3強磁性ピンド層109aの磁化が残存するので、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド）を示す層となる。

また、フリー磁性層7の磁化方向と第2固定磁性層109の正味の磁化方向とが交叉する関係になる。

【0161】

また、第3、第4強磁性ピンド層109a、109cは、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものであり、特にCoより形成されることが好ましい。また、第3、第4強磁性ピンド層109a、109cは同一の材料で形成されることが好ましい。また第2非磁性中間層109bは、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうちの1種またはこれらの合金からなることが好ましく、特にRuによりなることが好ましい。

第4強磁性ピンド層109cの膜厚は1～2nmの範囲が好ましく、第3強磁性ピンド層109aの膜厚は2～3nmの範囲が好ましい。

また、第2非磁性中間層109bの膜厚は0.7～0.9nmの範囲が好ましい。

【0162】

なお、第2固定磁性層109は2つの強磁性層（第3、第4強磁性ピンド層109a、109c）により構成されているが、これに限られず、2以上の強磁性層により構成されていても良い。この場合には、これらの強磁性層の間に非磁性中間層がそれぞれ挿入されるとともに、隣接する強磁性層同士のそれぞれの磁化方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされていることが好ましい。

【0163】

このように、第2固定磁性層109がいわゆる人工的なフェリ磁性状態（synt

hetic ferri pinned;シンセフィックフェリピンド) の層であるので、第2固定磁性層109の磁化方向を強固に固定して第2固定磁性層109を安定させることができる。

【0164】

第2非磁性導電層108は、フリー磁性層7と第1、第2固定磁性層5、109との磁気的な結合を小さくさせるとともにセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなどに代表される導電性を有する非磁性材料より形成されることが好ましく、特にCuより形成されることが好ましい。

【0165】

第2反強磁性層110は、PtMn合金で形成されていることが好ましい。PtMn合金は、従来から反強磁性層として使用されているNiMn合金やFeMn合金などに比べて耐食性に優れ、しかもブロッキング温度が高く、交換結合磁界も大きい。

また、第2反強磁性層110は、XMn合金、PtX'Mn合金(ただし前記組成式において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択される1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を示す)のいずれかより形成されていても良い。

【0166】

前記PtMn合金および前記XMnの式で示される合金の組成は、第1の実施形態で説明した第2反強磁性層10の組成と同一である。

第2反強磁性層110として適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場中熱処理することで、大きな交換結合磁界を発生する第2反強磁性層110を得ることができ、この交換結合磁界によって第2固定磁性層109の磁化方向を強固に固定できる。とくに、PtMn合金であれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が653 K (380℃)と極めて高い第2反強磁性層110を得ることができる。

【0167】

また、第1反強磁性層4は、第1固定磁性層5やフリー磁性層7よりも図示X

1方向両側に突出して形成されている。そして、この第1反強磁性層4の突出部4a、4a上に、バイアス層132、132及びリード層134、134が順次積層されている。

そしてこの第1反強磁性層4の突出部4a、4aとバイアス層132、132との間に、TaまたはCrからなるバイアス下地層31、31が積層されている。Crからなるバイアス下地層31、31上にバイアス層132、132を形成すると、バイアス層132、132の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層7の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

【0168】

また、バイアス層132、132とリード層134、134との間にはTaまたはCrからなる中間層133、133が積層されている。リード層134、134としてCrを用いた場合は、Taの中間層133、133を設けることにより、後工程のレジスト硬化などの熱プロセスに対して拡散バリアーとして機能し、バイアス層132、132の磁気特性の劣化を防ぐことができる。また、リード層134、134としてTaを用いる場合は、Crの中間層133、133を設けることにより、Crの上に堆積するTaの結晶を、より低抵抗の体心立方構造としやすくする効果がある。

【0169】

また積層体112の図示X1方向両側に位置して下部絶縁層364（基板）から離れた側に一对の切欠部が形成され、この切欠部が一对のリード接続部140、140とされている。

リード接続部140、140は、第2固定磁性層109の一部及び第2反強磁性層110の図示X1方向両側に形成されている。

第2反強磁性層110は、その図示X1方向（トラック幅方向）の幅が、フリー磁性層7の幅よりも狭幅とされ、この第2反強磁性層110の図示X1方向両側にリード接続部140、140が形成されている。

また、第2固定磁性層109は、第4強磁性ピンド層109c及び第2非磁性中間層109bの図示X1方向（トラック幅方向）の幅が、フリー磁性層7の幅よりも狭幅とされている。従って第2固定磁性層109は、その一部がフリー磁

性層 7 の幅よりも狭幅とされ、この第 2 固定磁性層 1 0 9 の一部の図示 X1 方向両側にリード接続部 1 4 0、1 4 0 が形成されている。

【0 1 7 0】

このリード接続部 1 4 0、1 4 0 にはリード層 1 3 4、1 3 4 のオーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a が接続されている。

リード層 1 3 4、1 3 4 は、積層体 1 1 2 の X1 方向両側から積層体 1 1 2 の中央に向けてバイアス層 1 3 2、1 3 2 上を延出して積層体 1 1 2 の図示 X1 方向両端に被着し、オーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a がリード接続部 1 4 0、1 4 0 に接続している。

【0 1 7 1】

従ってリード接続部 1 4 0、1 4 0 においては、第 3 強磁性ピン層 1 0 9 a が図示 X1 方向に延出し、このためオーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a が第 2 反強磁性層 1 1 0 を介することなくこの第 3 強磁性ピン層 1 0 9 a に直接に接合している。

リード接続部 1 4 0、1 4 0 が切欠部とされ、リード層 1 3 4、1 3 4 がこの切欠部にはめ込まれる形で接続されるので、積層体 1 1 2 とリード層 1 3 4、1 3 4 との段差を小さくすることができ、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 のギャップ幅を小さくすることができ、また図 3 に示すようにこのスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の上部に上部絶縁層 3 6 6 を積層した場合にはこの上部絶縁層 3 6 6 にピンホール等が生じるおそれがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の絶縁性を高めることができる。

【0 1 7 2】

各リード接続部 1 4 0 の図示 X1 方向（トラック幅方向）の幅 M は、0. 0 3 ～ 0. 5 μ m の範囲が好ましい。幅 M がこの範囲であれば、リード接続部 1 4 0 におけるリード層 1 3 4 と積層体 1 1 2 との接合面積を大きくすることができ、磁気抵抗効果に寄与しない接合抵抗を低減してセンス電流を積層体 1 1 2 に効率よく流すことができ、再生特性の向上を図ることができる。

【0 1 7 3】

積層体 1 1 2 の図示 X₁ 方向両側、即ちトラック幅方向両側には、例えば C o

Pt（コバルト白金）合金からなる一対のバイアス層132、132が形成されている。バイアス層132、132は、フリー磁性層7と同じ階層位置に位置してフリー磁性層7に隣接している。また、バイアス層132、132の上面132a、132aは、リード接続部140、140よりも下部絶縁層364（基板）側の位置で積層体112に接合している。また、バイアス層132、132はCoPt等の硬磁性体に限られるものではなく、反強磁性膜と強磁性膜の積層体からなる交換結合膜（エキスチェンジバイアス膜）であってもよい。

また、バイアス層132、132とリード層134、134との間には、中間層133、133が形成されている。中間層は133、133は、積層体112の図示X1方向両側から第3強磁性ピンド層109aに当接している。

従ってリード接続部140、140には、リード層134、134のみが接続される。

【0174】

このスピバルブ型薄膜磁気素子101では、リード層134、134から積層体112に検出電流（センス電流）が与えられ、磁気記録媒体からの洩れ磁界がY方向に与えられると、フリー磁性層7の磁化方向がX1方向からY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層7の磁化方向の変動と、第1、第2固定磁性層5、109の磁化方向との関係で電気抵抗値が変化し（これを磁気抵抗（MR）効果という）、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0175】

このスピバルブ型薄膜磁気素子101では、図18に示すようにセンス電流J（矢印J）が主に、オーバーレイ部134a、134aの先端134b、134bの近傍から積層体112に印加される。

従って、積層体112のなかで最もセンス電流が流れやすいのは、オーバーレイ部134a、134aが被着されていない領域であり、この領域にセンス電流が集中するため、先に説明した磁気抵抗（MR）効果が実質的に大きくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、オーバーレイ部134a、134aが被着されていない領域を第1の実施形態と同様に感度領域Sと称す

る。

一方、オーバーレイ部134a、134aが被着されている領域では、感度領域Sに比べてセンス電流が極めて小さくなり、これにより磁気抵抗(MR)効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が低下する。このオーバーレイ部134a、134aが被着された領域を、第1の実施形態と同様に不感度領域Nと称する。

【0176】

リード層134、134の一部(オーバーレイ部134a、134a)を積層体112のトラック幅方向両端部上にあるリード接続部140、140に被着させることにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分(感度領域S)と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分(不感領域N)とが形成され、感度領域Sの幅がスピナルブ型薄膜磁気素子101の磁気的なトラック幅となり、狭トラック化に対応することができる。

【0177】

またオーバーレイ部134a、134aが、高比抵抗な第2反強磁性層110を介することなく、直接に低比抵抗な第3強磁性ピンド層109aに接合しているので、センス電流のうち、リード接続部140、140を介して積層体112に流れる成分を大きくすることができ、これにより他の分流成分を大幅に低減することができる。

とくに、リード層134、134からバイアス層132、132を介して第2反強磁性層110より下部絶縁層364(基板)側の積層体112に流れる分流成分が大幅に低減され、これにより不感領域Nに流れるセンス電流が小さくなる。これによりセンス電流を、リード層134、134が被着されていない感度領域Sに集中させることができ、感度領域Sにおける電圧変化が向上し、スピナルブ型薄膜磁気素子101の出力特性を向上できる。

また、センス電流の分流成分が低減されるので、リード層134、134が被着形成されている不感領域Nでは磁気抵抗効果が実質的に発現せず、磁気記録媒体の記録トラックからの漏れ磁界を検出することがなく、これによりスピナルブ型薄膜磁気素子101のサイドリーディングを防止することができる。

【0178】

なお、積層体112の感度領域S及び不感領域Nは、第1実施形態と同様に、マイクロトラックプロファイル法によりその範囲を決定することができる。

【0179】

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子101の製造方法では、バイアス層形成工程において、バイアス層132、132の上面132a、132aがフリー磁性層7と第2固定磁性層109との接合部に位置するようにバイアス層132、132を形成するとともに、リード接続部形成工程において、保護層111、第2反強磁性層110、第4強磁性ピンド層109c及び第2非磁性中間層109bのトラック幅方向両側がエッチングされた時点でエッチング用粒子線の照射を停止させること以外は、第1実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と同様にして製造される。

【0180】

即ち、このスピバルブ型薄膜磁気素子101のバイアス層形成工程では、図7または図13中1点鎖線で示すように、バイアス層132、132の上面132a、132aが第3強磁性ピンド層109aの階層位置とほぼ同じ位置になるようにバイアス層132、132を形成し、更に図8または図14に示すように中間層133、133をバイアス層132、132上に形成する。

【0181】

そして、リード接続部形成工程において、図9または図16に示すように、保護層111、第2反強磁性層110、第4強磁性ピンド層109c及び第2非磁性中間層109bのトラック幅方向両側をエッチングして図中1点鎖線で示すリード接続部140、140を形成する。

【0182】

以上の点以外は第1の実施形態と同様にすることにより、図18に示すスピバルブ型薄膜磁気素子101が得られる。

【0183】

(第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態を図面を参照にして説明する。

図19に、本発明の第3の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子201を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示す。

【0184】

図19に示すスピバルブ型薄膜磁気素子201は、第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と同様に薄膜磁気ヘッドを構成し、この薄膜磁気ヘッドはインダクティブヘッドとともに浮上式磁気ヘッドを構成する。

【0185】

このスピバルブ型薄膜磁気素子201は、第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と同様に、フリー磁性層7の厚さ方向両側に、第1、第2非磁性導電層6、108、第1、第2固定磁性層5、209、第1、第2反強磁性層4、210が順次積層されてなるデュアルスピバルブ薄膜磁気素子である。

【0186】

即ちこのスピバルブ型薄膜磁気素子201は、下部絶縁層364に積層された下地層3上に、第1反強磁性層4、第1固定磁性層5、第1非磁性導電層6、フリー磁性層7、第2非磁性導電層108、第2固定磁性層209、第2反強磁性層210及び保護層211が順次積層されて構成されている。

このように下地層3から保護層211間での各層が順次積層されて断面視略台形状の積層体212が形成されている。

またこのスピバルブ型薄膜磁気素子201は、積層体212の両側に形成されてフリー磁性層7の磁化を揃えるC o P t合金等からなる一対のバイアス層232、232と、このバイアス層232、232上に形成されて検出電流を積層体212に与えるC u、A u、T a、C r、W、R h等からなる一対のリード層234、234が備えられている。

【0187】

このスピバルブ型薄膜磁気素子201が先に説明した第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と異なる点は、保護層211と第2反強磁性層210のトラック幅方向両端がそれぞれ切欠部とされ、これらの層のトラック幅方向両側にリード接続部240、240が形成され、このリード接続部240、240にリード層234、234のオーバーレイ部234a、234aが接続されてい

る点である。

【0188】

従って、本実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子201を構成する下地層3、第1反強磁性層4、第1固定磁性層5、フリー磁性層7、第2非磁性導電層108及びバイアス下地層31、31は、第1、第2実施形態の下地層3、第1反強磁性層4、第1固定磁性層5、フリー磁性層7、第2非磁性導電層108及びバイアス下地層31、31と同じ構成であるので、その説明を省略する。

【0189】

第2固定磁性層209は、第3強磁性ピンド層209aと、第2非磁性中間層209bと、第4強磁性ピンド層209cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層209aの膜厚は、第4強磁性ピンド層209cの膜厚より大とされている。

第4強磁性ピンド層209cの磁化方向は、第2反強磁性層210との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第3強磁性ピンド層209aは、第4強磁性ピンド層209cと反強磁性的に結合してその磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

【0190】

このように第3、第4強磁性ピンド層209a、209cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第3強磁性ピンド層209aが第4強磁性ピンド層209cより厚く形成されているので、第3強磁性ピンド層209aの磁化（磁気モーメント）が僅かに残存し、第2固定磁性層209全体の正味の磁化方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

なお、第3強磁性ピンド層209aの膜厚を、第4強磁性ピンド層209cの膜厚より小としてもよい。

【0191】

このように第2固定磁性層209は、第3、第4強磁性ピンド層209a、209cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第3強磁性ピンド層209aの磁化が残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド）を示す層となる。

【 0 1 9 2 】

このように、第2固定磁性層209がいわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synt
hetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド) を示す層であるので、第2
固定磁性層209の磁化方向を強固に固定して第2固定磁性層209を安定させ
ることができる。

【 0 1 9 3 】

第2反強磁性層210は、PtMn合金で形成されていることが好ましい。Pt
Mn合金は、従来から反強磁性層として使用されているNiMn合金やFeM
n合金などに比べて耐食性に優れ、しかもブロッキング温度が高く、交換結合磁
界も大きい。

また、第2反強磁性層210は、XMn合金、PtX'Mn合金（ただし前記
組成式において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択され
る1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag
、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を示す）の
いずれかより形成されていても良い。

【 0 1 9 4 】

前記PtMn合金および前記XMnの式で示される合金の組成は、第1の実施
形態で説明した第2反強磁性層10の組成と同一である。

第2反強磁性層210として適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場中熱
処理することで、大きな交換結合磁界を発生する第2反強磁性層210を得るこ
とができ、この交換結合磁界によって第2固定磁性層209の磁化方向を強固に
固定できる。とくに、PtMn合金であれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ を越える交
換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が653 K (380℃
) と極めて高い第2反強磁性層210を得ることができる。

【 0 1 9 5 】

また、第1反強磁性層4は、第1固定磁性層5やフリー磁性層7よりも図示X
1方向両側に突出して形成されている。そして、この第1反強磁性層4の突出部
4a、4a上に、バイアス層232、232及びリード層234、234が順次
積層されている。

第 1 反強磁性層 4 の突出部 4 a、4 a とバイアス層 2 3 2、2 3 2 との間には、Ta または Cr からなるバイアス下地層 3 1、3 1 が積層されている。

【 0 1 9 6 】

また、バイアス層 2 3 2、2 3 2 とリード層 2 3 4、2 3 4 との間には Ta または Cr からなる中間層 2 3 3、2 3 3 が積層されている。リード層 2 3 4、2 3 4 として Cr を用いた場合は、Ta の中間層 2 3 3、2 3 3 を設けることにより、後工程の熱プロセスに対して拡散バリアーとして機能し、バイアス層 2 3 2、2 3 2 の磁気特性の劣化を防ぐことができる。また、リード層 2 3 4、2 3 4 として Ta を用いる場合は、Cr の中間層 2 3 3、2 3 3 を設けることにより、Cr の上に堆積する Ta の結晶を、より低抵抗の体心立方構造としやすくする効果がある。

【 0 1 9 7 】

また積層体 2 1 2 の図示 X1 方向両側に位置して下部絶縁層 3 6 4（基板）から離れた側には切欠部が形成され、この切欠部がリード接続部 2 4 0、2 4 0 とされている。

リード接続部 2 4 0、2 4 0 は、第 2 反強磁性層 2 1 0 の図示 X1 方向両側に形成されている。

第 2 反強磁性層 2 1 0 は、その図示 X1 方向（トラック幅方向）の幅が、フリー磁性層 7 の幅よりも狭幅とされ、この第 2 反強磁性層 2 1 0 の図示 X1 方向両側にリード接続部 2 4 0、2 4 0 が形成されている。

【 0 1 9 8 】

リード接続部 2 4 0、2 4 0 にはリード層 2 3 4、2 3 4 のオーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が接続されている。

リード層 2 3 4、2 3 4 は、積層体 2 1 2 の X1 方向両側から積層体 2 1 2 の中央に向けてバイアス層 2 3 2、2 3 2 上を延出して積層体 2 1 2 の図示 X1 方向両端に被着し、オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a がリード接続部 2 4 0、2 4 0 に接続している。各リード層 2 3 4、2 3 4 は、図示 X1 方向において Tw の間隔をあけて離間している。この間隔 Tw がスピナルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 の光学的なトラック幅となる。

【0199】

リード接続部 2 4 0、2 4 0 においては、第 4 強磁性ピンド層 2 0 9 c が図示 X1 方向に延出し、このためオーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が第 2 反強磁性層 2 1 0 を介さずこの第 4 強磁性ピンド層 2 0 9 c に直接に接合している。

【0200】

リード接続部 2 4 0、2 4 0 が切欠部とされ、リード層 2 3 4、2 3 4 がこの切欠部にはめ込まれる形で接続されるので、積層体 2 1 2 とリード層 2 3 4、2 3 4 との段差を小さくすることができ、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 のギャップ幅を小さくすることができ、また図 3 に示すようにこのスピバルブ型薄膜磁気素子の上部に上部絶縁層 3 6 6 を積層した場合にはこの上部絶縁層 3 6 6 にピンホール等が生じるおそれがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 の絶縁性を高めることができる。

【0201】

各リード接続部 2 4 0 の図示 X1 方向（トラック幅方向）の幅 M は、0. 0 3 ～ 0. 5 μm の範囲が好ましい。幅 M がこの範囲であれば、リード接続部 2 4 0 におけるリード層 2 3 4 と積層体 2 1 2 との接合面積を大きくすることができ、磁気抵抗効果に寄与しない接合抵抗を低減してセンス電流を積層体 2 1 2 に効率よく流すことができ、再生特性の向上を図ることができる。

【0202】

積層体 2 1 2 の図示 X₁ 方向両側、即ちトラック幅方向両側には、例えば Co Pt（コバルト白金）合金からなる一対のバイアス層 2 3 2、2 3 2 が形成されている。バイアス層 2 3 2、2 3 2 は、フリー磁性層 7 と同じ階層位置に位置してフリー磁性層 7 に隣接している。また、バイアス層 2 3 2、2 3 2 の上面 2 3 2 a、2 3 2 a は、リード接続部 2 4 0、2 4 0 よりも下部絶縁層 3 6 4（基板）側の位置で積層体 2 1 2 に接合している。

また、バイアス層 2 3 2、2 3 2 とリード層 2 3 4、2 3 4 との間には、中間層 2 3 3、2 3 3 が形成されている。中間層 2 3 3、2 3 3 は、積層体 2 1 2 の図示 X1 方向両側から第 4 強磁性ピンド層 2 0 9 c に当接している。

従ってリード接続部 2 4 0、2 4 0 には、リード層 2 3 4、2 3 4 のみが接続

される。

【 0 2 0 3 】

このスピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 では、リード層 2 3 4、2 3 4 から積層体 2 1 2 に検出電流（センス電流）が与えられ、磁気記録媒体からの洩れ磁界が Y 方向に与えられると、フリー磁性層 7 の磁化方向が X1 方向から Y 方向へ向けて変化する。このフリー磁性層 7 の磁化方向の変動と、第 1、第 2 固定磁性層 5、9 の磁化方向との関係で電気抵抗値が変化し（これを磁気抵抗（MR）効果という）、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【 0 2 0 4 】

このスピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 では、図 1 9 に示すようにセンス電流 J（矢印 J）が主に、オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a の先端 2 3 4 b、2 3 4 b の近傍から積層体 2 1 2 に印加される。

従って、積層体 2 1 2 のなかで最もセンス電流が流れやすいのは、オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が被着されていない領域であり、この領域にセンス電流が集中するため、先に説明した磁気抵抗（MR）効果が実質的に大きくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が被着されていない領域を第 1 の実施形態と同様に感度領域 S と称する。

一方、オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が被着されている領域では、感度領域 S に比べてセンス電流が極めて小さくなり、これにより磁気抵抗（MR）効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が低下する。このオーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a が被着された領域を、第 1 の実施形態と同様に不感度領域 N と称する。

【 0 2 0 5 】

リード層 2 3 4、2 3 4 の一部（オーバーレイ部 2 3 4 a、2 3 4 a）を積層体 2 1 2 のトラック幅方向両端部上にあるリード接続部 2 4 0、2 4 0 に被着させることにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分（感度領域 S）と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分

(不感領域N)とが形成され、感度領域Sの幅がスピバルブ型薄膜磁気素子201の磁気的なトラック幅となり、狭トラック化に対応することができる。

【0206】

またオーバーレイ部234a、234aが、高比抵抗な第2反強磁性層210を介することなく、直接に低比抵抗な第4強磁性ピンド層209cに接合しているので、センス電流のうち、リード接続部240、240を介して積層体212に流れる成分を大きくすることができ、これにより他の分流成分を大幅に低減することができる。

とくに、リード層234、234からバイアス層232、232を介して第2反強磁性層210より下部絶縁層364(基板)側の積層体212に流れる分流成分が大幅に低減され、これにより不感領域Nに流れるセンス電流が小さくなる。これによりセンス電流を、リード層234、234が被着されていない感度領域Sに集中させることができ、感度領域Sにおける電圧変化が向上し、スピバルブ型薄膜磁気素子201の出力特性を向上できる。

また、センス電流の分流成分が低減されるので、リード層234、234が被着形成されている不感領域Nでは磁気抵抗効果が実質的に発現せず、磁気記録媒体の記録トラックからの漏れ磁界を検出することがなく、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子201のサイドリーディングを防止することができる。

【0207】

なお、積層体212の感度領域S及び不感領域Nは、第1実施形態と同様に、マイクロトラックプロファイル法によりその範囲を決定することができる。

【0208】

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子201の製造方法では、バイアス層形成工程において、バイアス層232、232の上面232a、232aが第4強磁性ピンド層209cと同じ階層位置に位置するようにバイアス層232、232を形成するとともに、リード接続部形成工程において、保護層211、第2反強磁性層210のトラック幅方向両側がエッチングされた時点でエッチング用粒子線の照射を停止させること以外は、第1実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1と同様にして製造される。

【 0 2 0 9 】

即ち、このスピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 のバイアス層形成工程では、図 7 または図 1 3 中 2 点鎖線で示すように、バイアス層 2 3 2、2 3 2 の上面 2 3 2 a、2 3 2 a が第 4 強磁性ピンド層 2 0 9 a の階層位置とほぼ同じ位置になるようにバイアス層 2 3 2、2 3 2 を形成し、更に図 8 または図 1 4 に示すように、中間層 2 3 3、2 3 3 をバイアス層 2 3 2、2 3 2 上に形成する。

【 0 2 1 0 】

そして、リード接続部形成工程においては、図 9 または図 1 6 に示すように、保護層 2 1 1 及び第 2 反強磁性層 2 1 0 のトラック幅方向両側をエッチングして図中 2 点鎖線で示すリード接続部 2 4 0、2 4 0 を形成する。

【 0 2 1 1 】

以上の点以外は第 1 の実施形態と同様にすることにより、図 1 9 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子 2 0 1 が得られる。

【 0 2 1 2 】

【実施例】

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子について、トラック幅方向に対する再生出力の強度分布を調査した。

調査には、図 1 に示す第 1 実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子を実施例として用いた。

このスピバルブ型薄膜磁気素子は、図 1 におけるトラック幅 T_w を $0.4 \mu m$ とし、リード接続部の幅 M を $0.5 \mu m$ としたものである。

また、積層体における各層の膜厚は、下地層 (Ta) 3 / 第 1 反強磁性層 (PtMn) 1 / 第 1 強磁性ピンド層 (Co) 1.2 / 第 1 非磁性中間層 (Ru) 0.8 / 第 2 強磁性ピンド層 (Co) 1.7 / 第 1 非磁性導電層 (Cu) 2.2 / 第 1 拡散防止層 (Co) 0.3 / 強磁性自由層 (NiFe) 2.4 / 第 2 拡散防止層 (Co) 0.3 / 第 2 非磁性導電層 (Cu) 2.2 / 第 3 強磁性ピンド層 (Co) 1.7 / 第 2 非磁性中間層 (Ru) 0.8 / 第 4 強磁性ピンド層 (Co) 1.2 / 第 2 反強磁性層 (PtMn) 1 / 保護層 (Ta) 2 である (各数字はそれぞれの膜厚の nm 単位に対応し、またカッコ内の元素は各層の構成元素を示すものである)。

【 0 2 1 3 】

また、リード層(Cr)の厚さはおよそ100nmとし、バイアス層(CoPt)の厚さは35nmとし、バイアス下地層(Cr)の厚さは5nmとし、中間層(Ta)の厚さは5nmとした。

【 0 2 1 4 】

また、比較例として、図22に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子を用いた。積層体の構成は、実施例のスピバルブ型薄膜磁気素子と同様である。

また、リード層(Cr)の厚さはおよそ100nmとし、バイアス層(CoPt)の厚さは35nmとし、バイアス下地層(Cr)の厚さは5nmとし、中間層(Ta)の厚さは5nmとした。

また、このスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅Twは0.4μmであり、一对のオーバーレイ部のトラック幅方向の幅はそれぞれ0.5μmであった。

【 0 2 1 5 】

実施例及び比較例のスピバルブ型薄膜磁気素子について、図4に示すマイクロトラックプロファイル法により、トラック幅方向に対する再生信号の強度分布を測定した。結果を図20及び図21に示す。

測定条件は、記録媒体上に記録された微小トラックの幅を0.2μmとし、この上を前記スピバルブ型薄膜磁気素子を備えた磁気ヘッドを走査させた。

なお、図20及び図21において、横軸は素子中心を0としたときのトラック幅方向の相対位置を示し、縦軸は再生出力の信号強度の相対値を対数目盛で示している。

更に、図中Twはトラック幅方向におけるスピバルブ型薄膜磁気素子の光学的なトラックの形成領域を示し、図中Mは、トラック幅方向におけるリード層のオーバーレイ部（リード接続部）の形成領域を示す。またBLは、プロファイルのベースラインを示す。

【 0 2 1 6 】

図20に示すように、実施例のスピバルブ型薄膜磁気素子では、図中Mで示されたリード接続部の形成領域付近において、素子中心から離れるにつれて再生出力値がベースラインBLに接近し、素子中心から±0.7μm離れた位置にお

いてベースラインBLにほぼ収束している。

素子中心から $\pm 0.7 \mu\text{m}$ 離れた位置は、積層体のトラック幅方向の形成領域に相当していることから、実施例のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、積層体の不感領域においては記録トラックをほとんど検出しないことがわかる。

【0217】

一方、図21に示す従来例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、図中Mで示されたリード接続部の形成領域付近において、実施例の場合と同様に素子中心から離れるにつれて再生出力値が低下するが、素子中心から $\pm 0.7 \mu\text{m}$ 離れた位置においても相対値で0.0027程度の再生出力の信号を示しており、ベースラインに収束せず、再生出力が得られていることがわかる。

素子中心から $\pm 0.7 \mu\text{m}$ 離れた位置は、積層体のトラック幅方向の形成領域に相当していることから、従来例のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、積層体の不感領域においても記録トラックを検出していることがわかる。

【0218】

また、素子中心における再生出力相対値については、実施例の素子が0.038程度の値を示し、比較例の素子が0.029程度の値を示しており、実施例のスピンバルブ型薄膜磁気素子の再生出力が高くなっていることが判る。

【0219】

以上のことから、実施例のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、比較例の従来のスピンバルブ型薄膜磁気素子よりも再生出力が高く、また、素子の不感領域における再生出力が小さく、サイドリーディング発生の確率が低いことがわかる。

【0220】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、狭幅な反強磁性層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部にリード層が接続されるので、センス電流が、比抵抗の大きな反強磁性層を通過せずにリード層から直接固定磁性層に流れることになるため、センス電流のうち、バイアス層を経由して積層体に流れる分流成分を低減することができる。

これにより、センス電流を、リード層が被着されていない積層体の中央部分に

集中させることができ、この部分における電圧変化が向上し、スピバルブ型薄膜磁気素子の出力特性を向上させることができる。

また、センス電流の分流成分が低減されるので、リード層が被着形成されている部分（積層体のトラック幅方向両側の部分）では磁気抵抗効果が実質的に発現せず、磁気記録媒体の記録トラックからの漏れ磁界を検出することがなく、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することができる。

【 0 2 2 1 】

またリード層が、狭幅の反強磁性層及び固定磁性層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部に接続された場合には、センス電流が、比抵抗の小さな非磁性導電層に直接流れることになり、センス電流の分流成分をより小さくすることができ、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングをより効果的に抑制することができる。

【 0 2 2 2 】

更にリード層が、狭幅の反強磁性層及び固定磁性層及び一部の非磁性導電層のトラック幅方向両側に形成されたリード接続部に接続された場合には、センス電流が、比抵抗の小さな非磁性導電層に直接流れることになり、センス電流の分流成分を更に小さくすることができ、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを更に効果的に抑制することができる。

【 0 2 2 3 】

また、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、リード接続部が切欠部とされているので、リード層がこの切欠部にはめ込まれる形で接続されるため、積層体とリード層との段差を小さくすることができ、これによりスピバルブ型薄膜磁気素子のギャップ幅を小さくすることができる。またこのスピバルブ型薄膜磁気素子に絶縁層を更に積層した場合にはこの絶縁層にピンホール等が生じるおそれがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子の絶縁性を高めることができる。

また、リード接続部の幅が $0.03 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲とされているので、リード接続部におけるリード層と積層体との接触面積を大きくすることができ、センス電流を積層体に効率よく流すことができる。

【 0 2 2 4 】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、前記バイアス層が前記フリー磁性層と同じ階層位置に配置されているので、フリー磁性層に強いバイアス磁界を与えやすくなり、フリー磁性層を単磁区化しやすく、バルクハウゼンノイズを低減させることができる。

また本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、一对のリード接続部には前記一对のリード層のみが接続されているので、リード接続部におけるリード層と積層体との接触面積を大きくすることができ、分流成分を低減するとともにスピンバルブ型薄膜磁気素子の出力特性を更に向上させることができる。

【 0 2 2 5 】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、固定磁性層がいわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferri pinned; シンセフィックフェリピンド) を示す層であるので、固定磁性層の磁化方向を強固に固定して固定磁性層を安定させることができる。

【 0 2 2 6 】

そして本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子によれば、一对のリード層が前記積層体のトラック幅方向両側からこの不感領域上まで延出して被着形成されているので、これらの一对のリード層の間に位置する感度領域に、リード層からのセンス電流を集中して流すことができ、この一对のリード層の間の感度領域の幅をスピンバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅とすることができる。

従ってスピンバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅は、不感領域上に被着形成された一对のリード層の間隔によって規定することができ、リード層の間隔を狭めることで、スピンバルブ型薄膜磁気素子の狭トラック化を図ることができる。

【 0 2 2 7 】

次に本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、積層体形成工程において角度 θ_1 の方向からエッチング用粒子線を照射して断面視略台形状の積層体を形成し、更に前記基板に対して角度 θ_3 ($\theta_1 > \theta_3$) の方向から別のエッチング用粒子線を照射して、リフトオフレジストの切込部に対応する位置に一对のリード接続部を形成するので、1つのリフトオフレジストによって積層体の

形成とリード接続部の形成を行うことができ、スピバルブ型薄膜磁気素子の製造工程を短縮化することができる。

また、反強磁性層をエッチングしてリード接続部を形成し、リード層をこのリード接続部に接続させて形成するので、リード層を固定磁性層に直接接続させることができ、センス電流を反強磁性層に流すことなく積層体に与えることができるスピバルブ型薄膜磁気素子を製造できる。

【0 2 2 8】

また本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の別の製造方法によれば、第1リフトオフレジストを用いて断面視略台形状の積層体を形成し、第2リフトオフレジストを用いてリード接続部を形成するので、積層体のトラック幅方向の幅と、リード接続部のトラック幅方向の幅をそれぞれ正確に制御することができ、狭トラック幅でサイドリーディング発生確率が低いスピバルブ型薄膜磁気素子を容易に製造することができる。

【0 2 2 9】

そして本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、リード接続部を形成する際のエッチングの終点を、2次イオン質量スペクトル分析法によりスパッタ粒子種を分析することにより行うので、リード接続部形成時のエッチングの精度を高くすることができ、リード接続部を精度良く形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【図2】 図1のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた浮上式磁気ヘッドの斜視図である。

【図3】 図1のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドの断面模式図である。

【図4】 マイクロトラックプロファイル法の測定方法を説明するための模式図である。

【図5】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するた

めの図であって、積層膜形成工程及びレジスト形成工程を示す工程図である。

【図 6】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、積層体形成工程を示す工程図である。

【図 7】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、バイアス層形成工程を示す工程図である。

【図 8】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、バイアス層形成工程を示す工程図である。

【図 9】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、リード接続部形成工程を示す工程図である。

【図 10】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、リード層形成工程を示す工程図である。

【図 11】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、積層膜形成工程及び第 1 レジスト形成工程を示す工程図である。

【図 12】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、積層体形成工程を示す工程図である。

【図 13】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、バイアス層形成工程を示す工程図である。

【図 14】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、バイアス層形成工程を示す工程図である。

【図 15】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、第 2 レジスト形成工程を示す工程図である。

【図 16】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、リード接続部形成工程を示す工程図である。

【図 17】 本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、リード層形成工程を示す工程図である。

【図 18】 本発明の第 2 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【図 19】 本発明の第 3 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子の断

面模式図である。

【図 2 0】 実施例のスピバルブ型薄膜磁気素子のマイクロトラックプロファイル法による再生出力の測定結果を示すグラフである。

【図 2 1】 比較例のスピバルブ型薄膜磁気素子のマイクロトラックプロファイル法による再生出力の測定結果を示すグラフである。

【図 2 2】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【符号の説明】

- 1 スピバルブ型薄膜磁気素子
- 4 第 1 反強磁性層（反強磁性層）
 - 4 a 延出部
- 5 第 1 固定磁性層（固定磁性層）
 - 5 a 第 1 強磁性ピンド層（強磁性層）
 - 5 b 第 1 非磁性中間層（非磁性中間層）
 - 5 c 第 2 強磁性ピンド層（強磁性層）
- 6 第 1 非磁性導電層（非磁性導電層）
- 7 フリー磁性層
- 8 第 2 非磁性導電層（一部が狭幅な非磁性導電層）
 - 8 a 延出部（一部）
- 9 第 2 固定磁性層（狭幅な固定磁性層）
 - 9 a 第 3 強磁性ピンド層（強磁性層）
 - 9 b 第 2 非磁性中間層（非磁性中間層）
 - 9 c 第 4 強磁性ピンド層（強磁性層）
- 1 0 第 2 反強磁性層（狭幅な反強磁性層）
- 1 2 積層体
- 3 1 バイアス下地層
- 3 2 バイアス層
- 3 3 中間層
- 3 4 リード層
 - 3 4 a オーバーレイ部

4 0 リード接続部（切欠部）

5 1 当接面

5 2 側面

5 3 切込部

L リフトオフレジスト

L 1 第 1 リフトオフレジスト

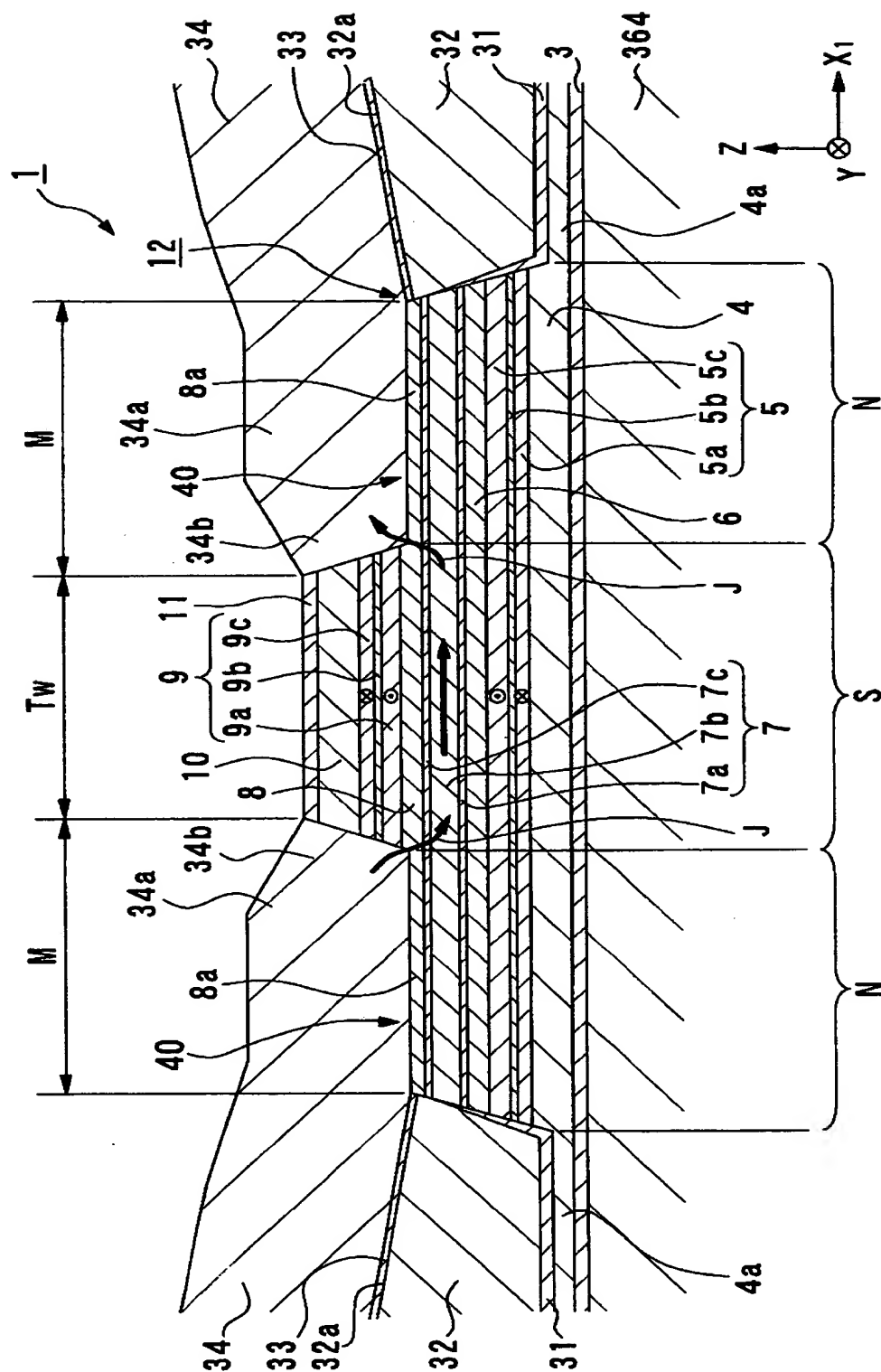
L 2 第 2 リフトオフレジスト

S 感度領域

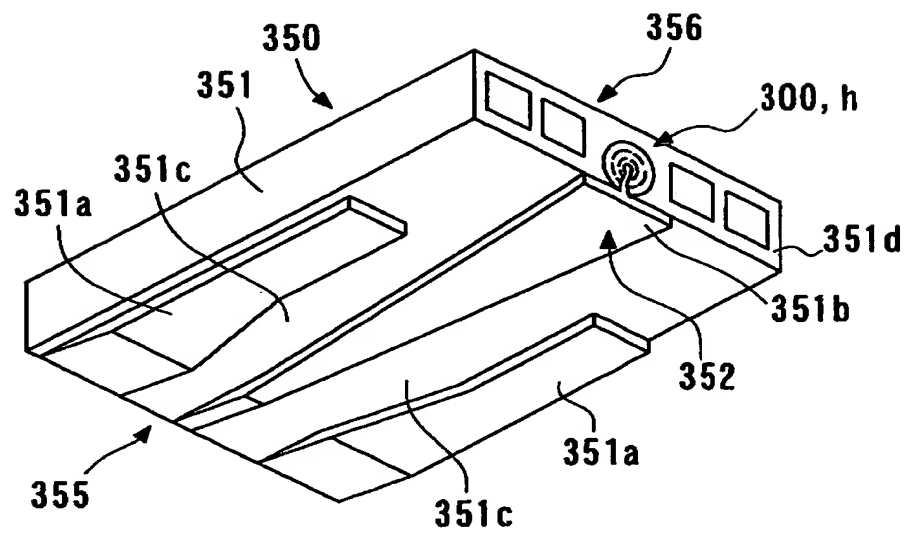
N 不感領域

【書類名】 図面

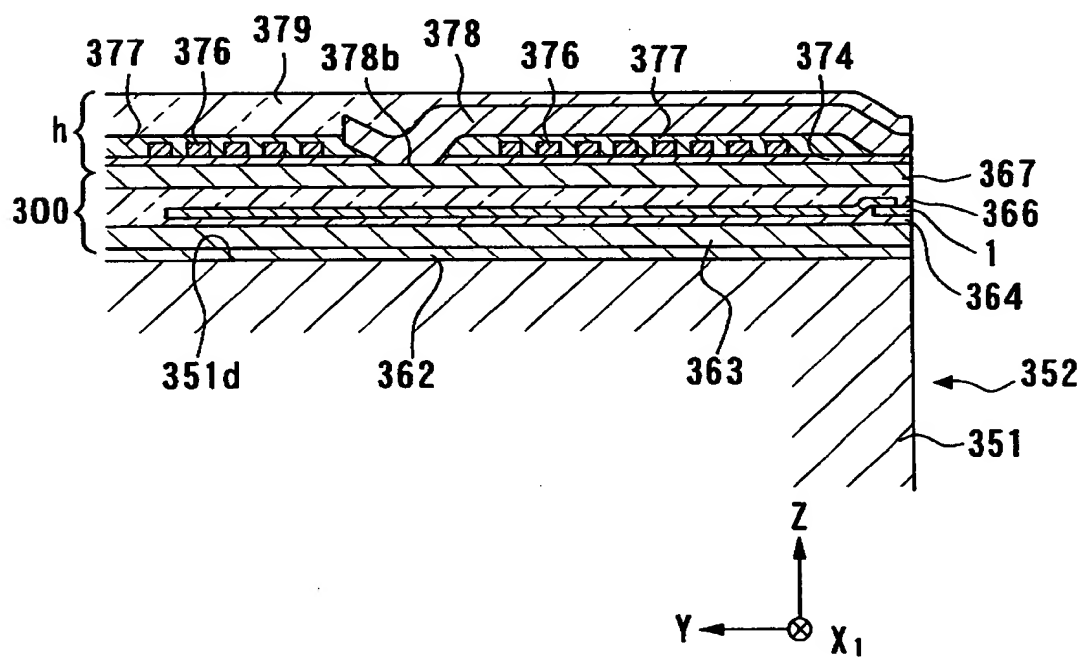
【図1】



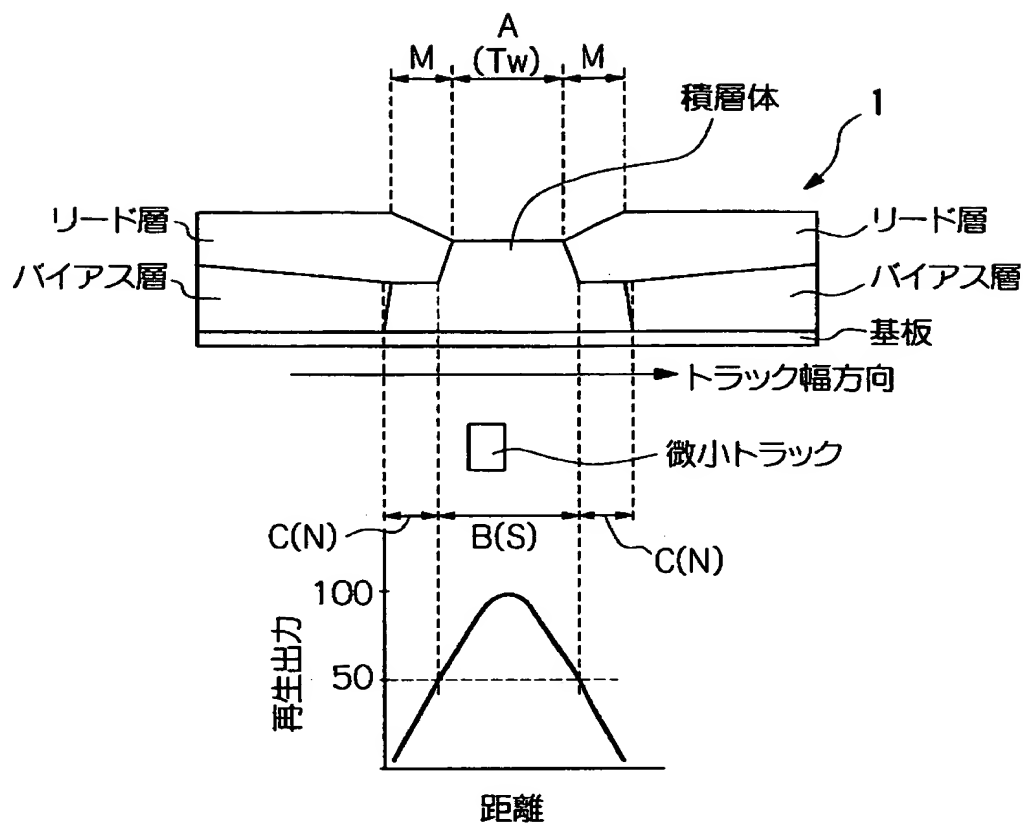
【図 2】



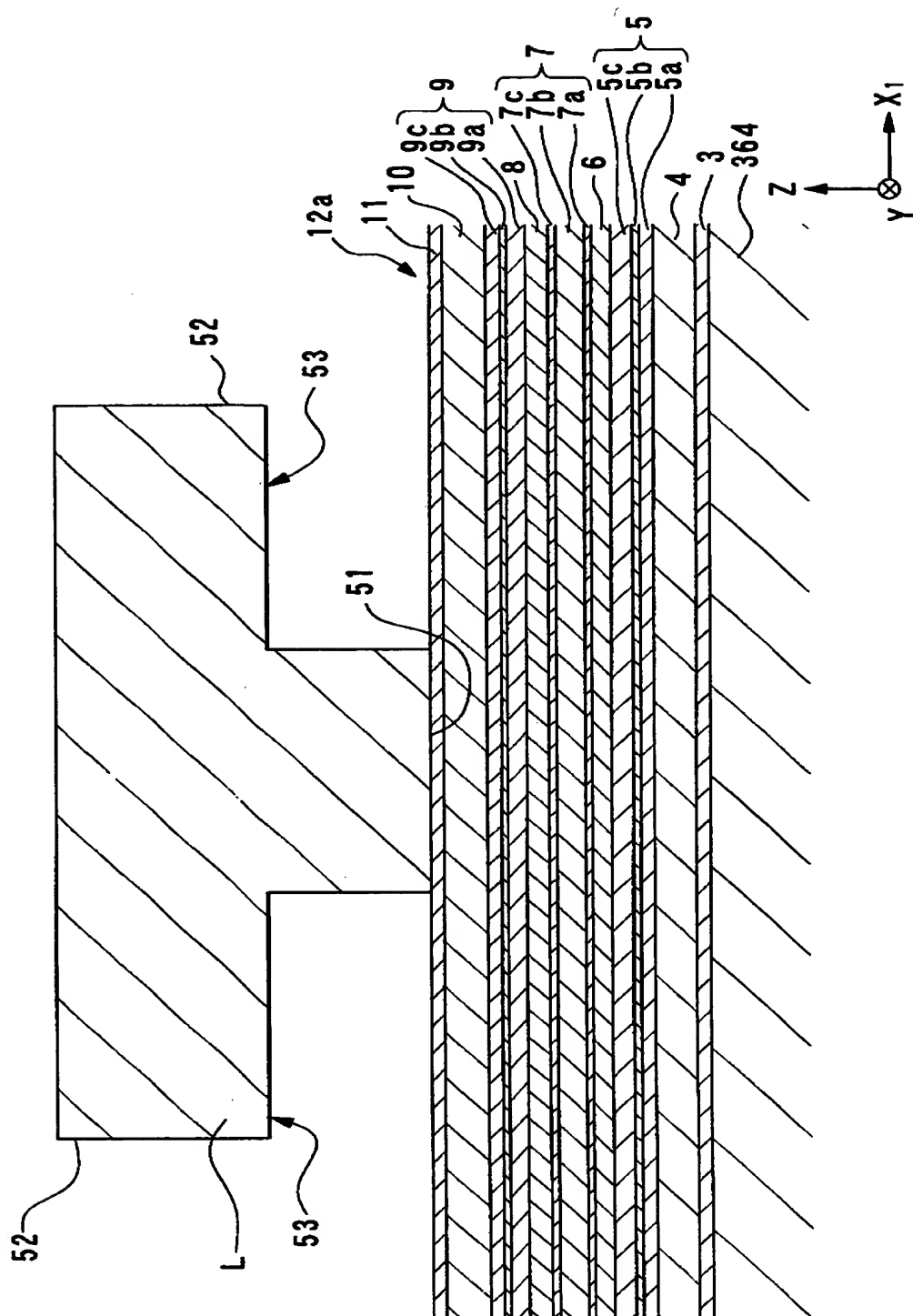
【図 3】



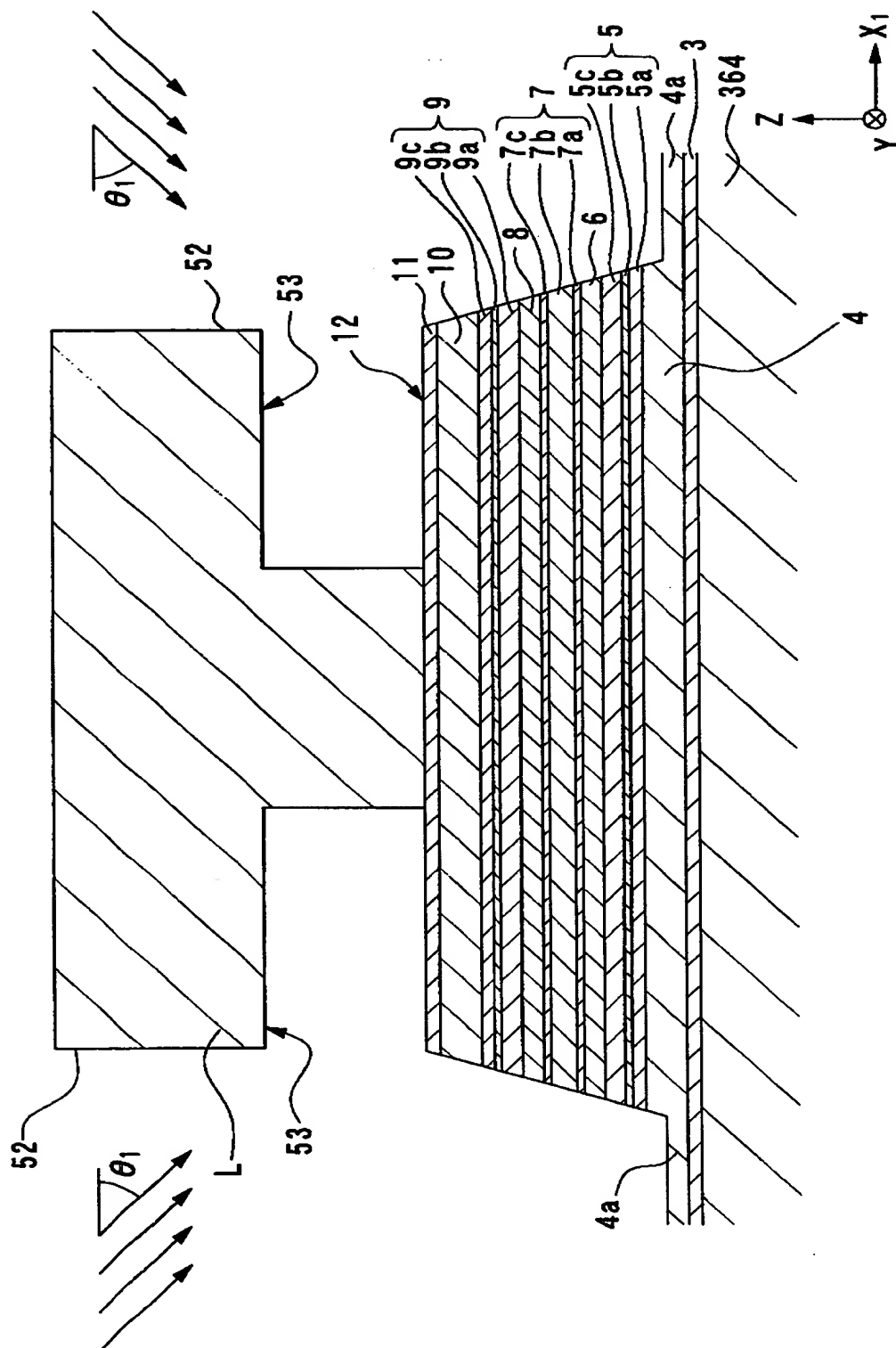
【図4】



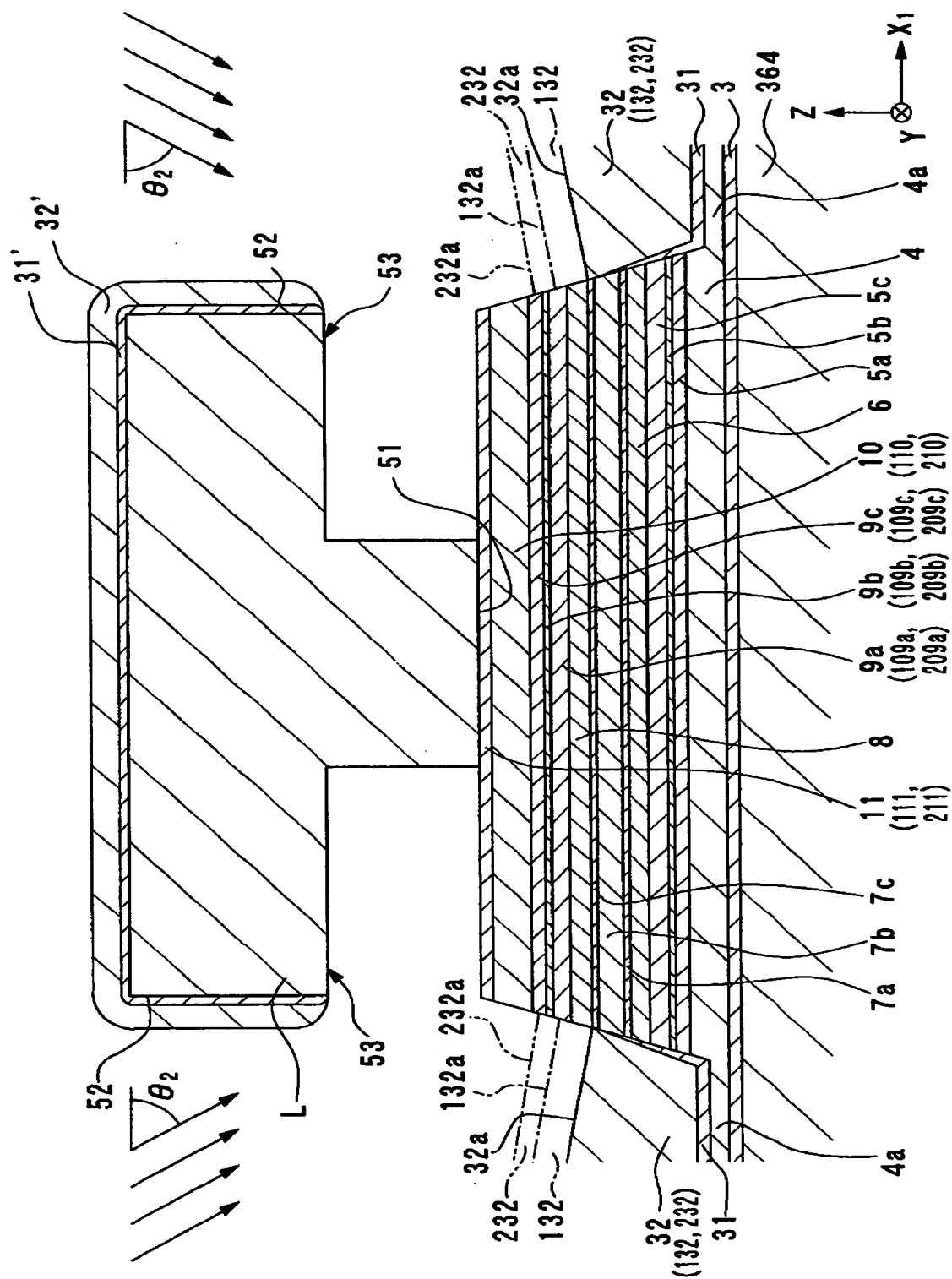
【図 5】



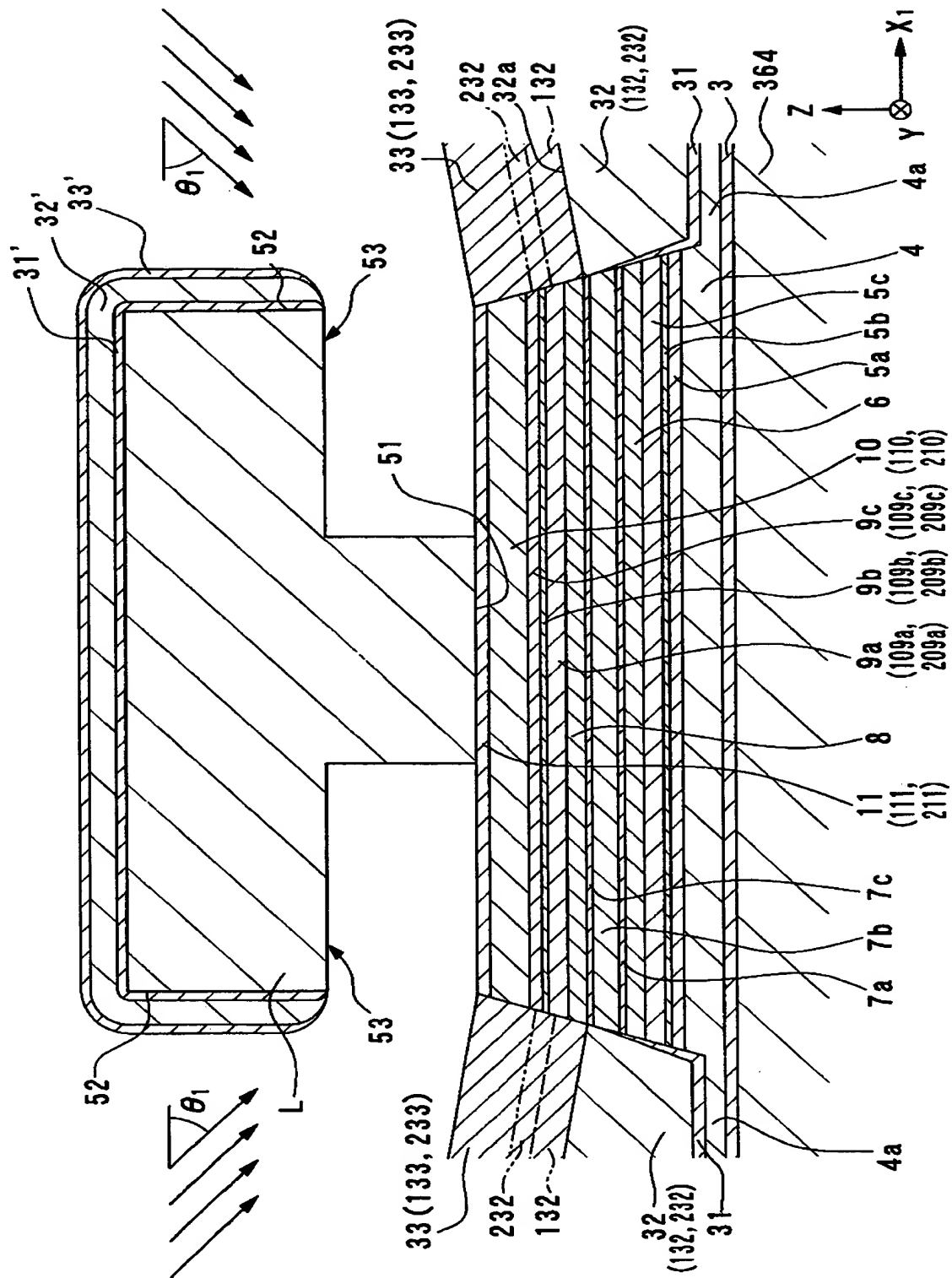
【图 6】



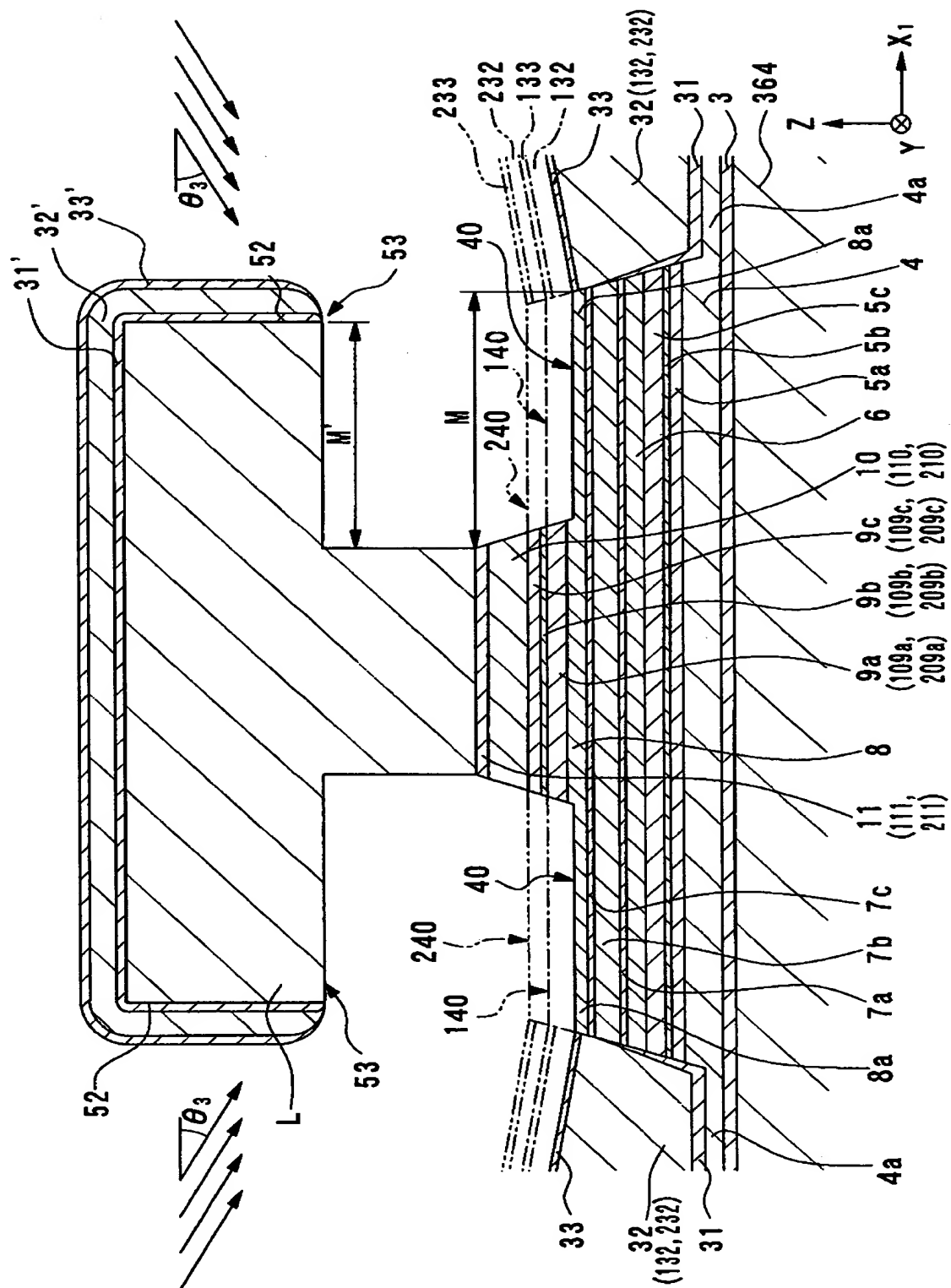
【図7】



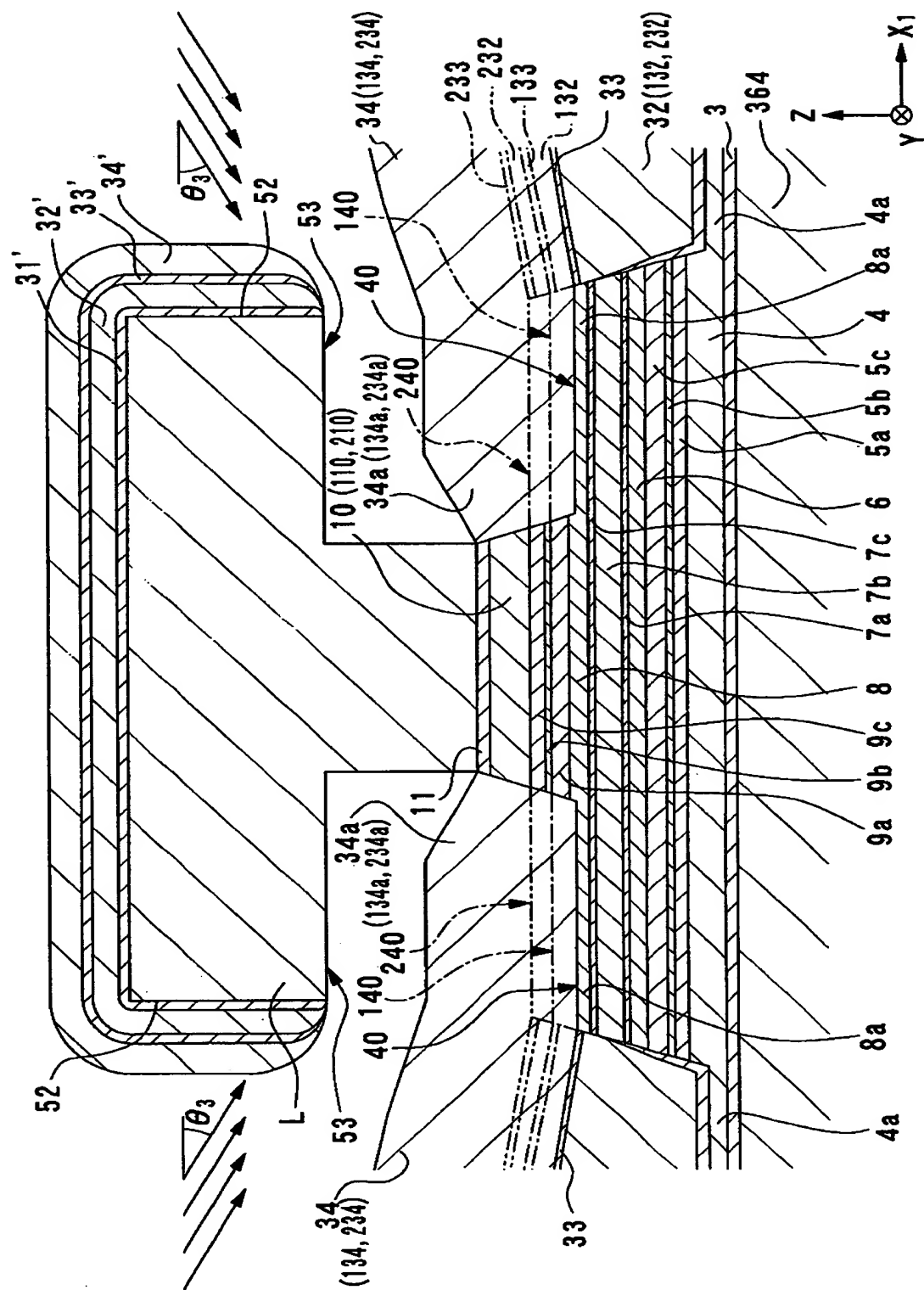
【圖 8】



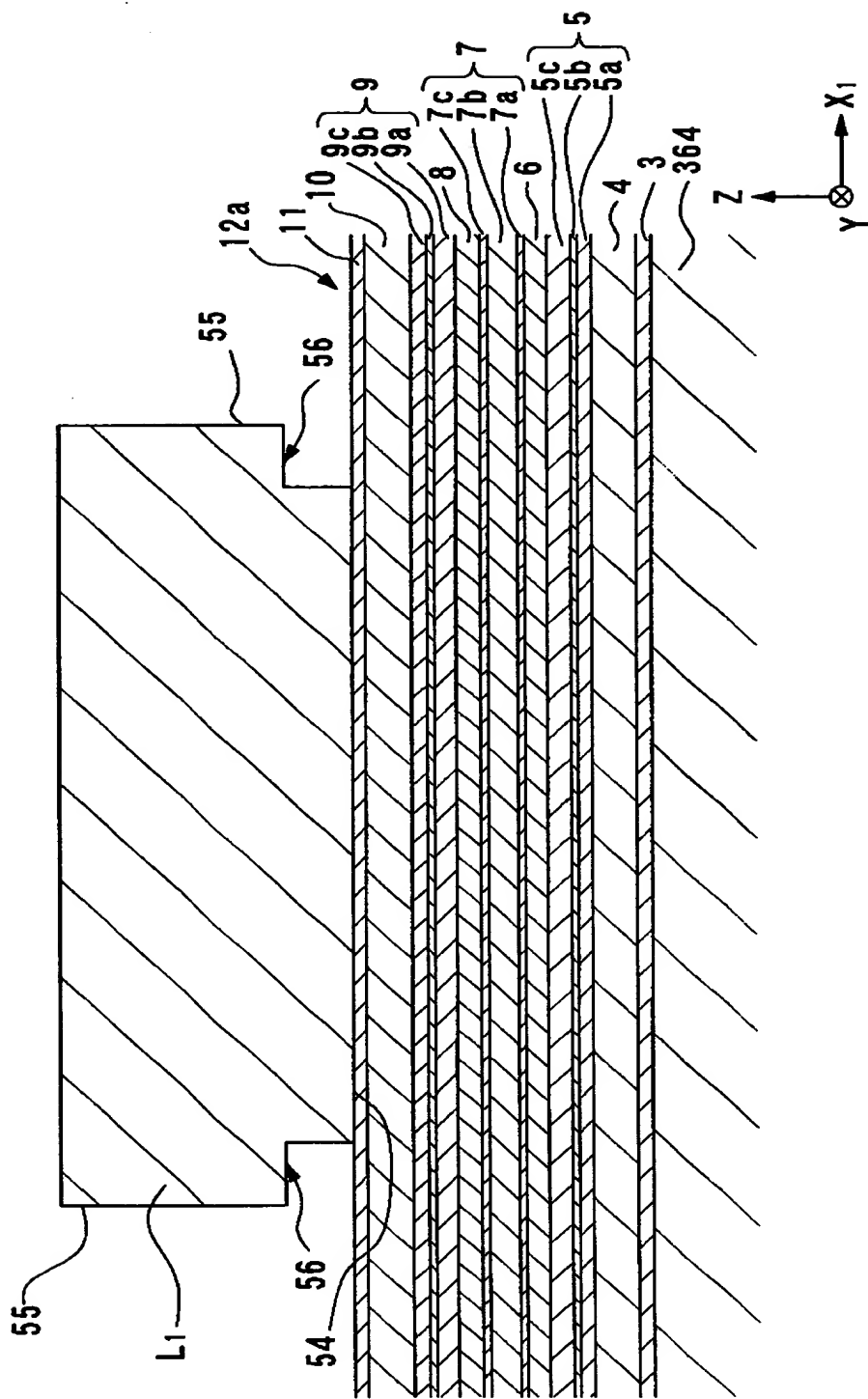
【図 9】



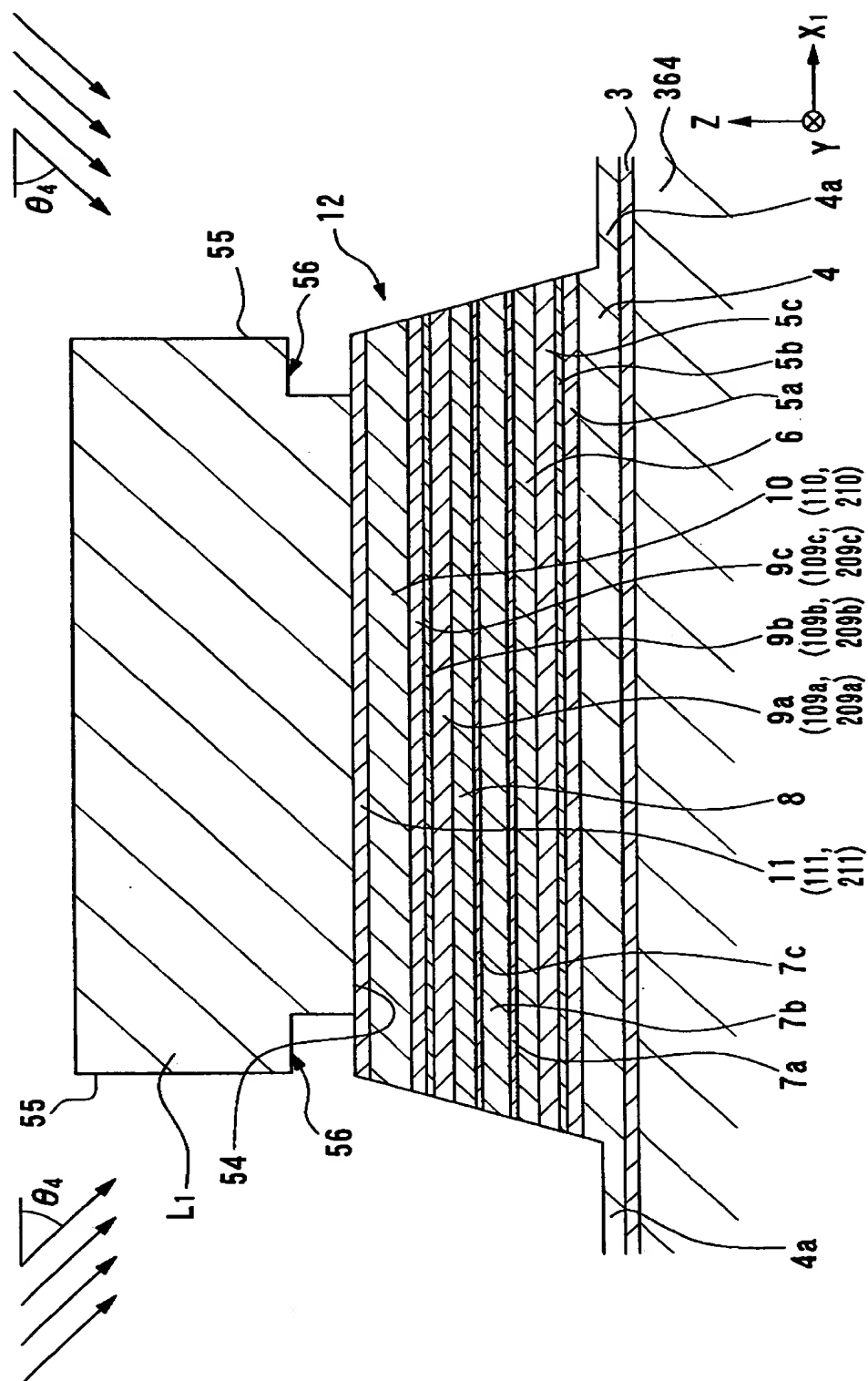
【図10】



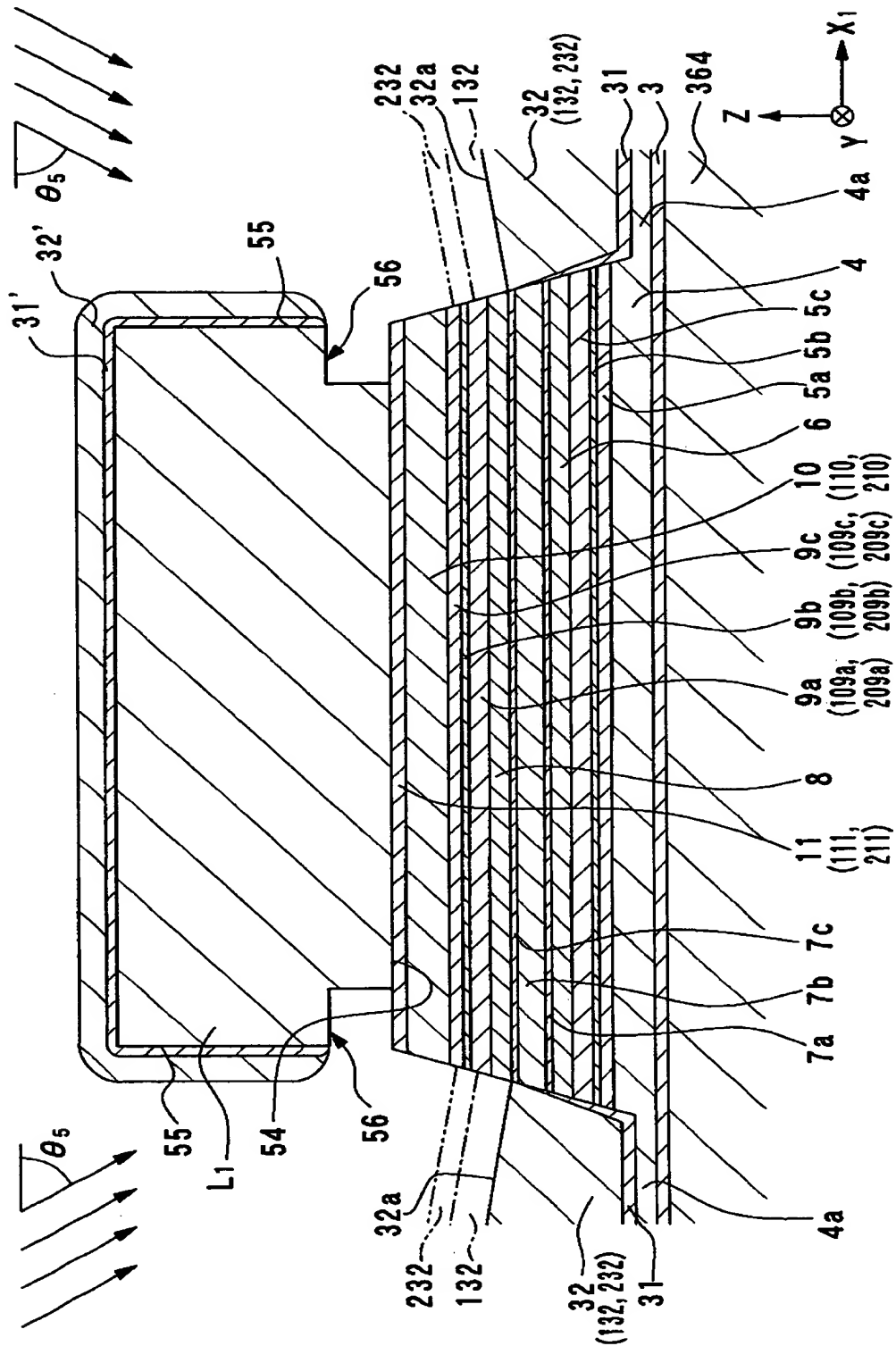
【図 11】



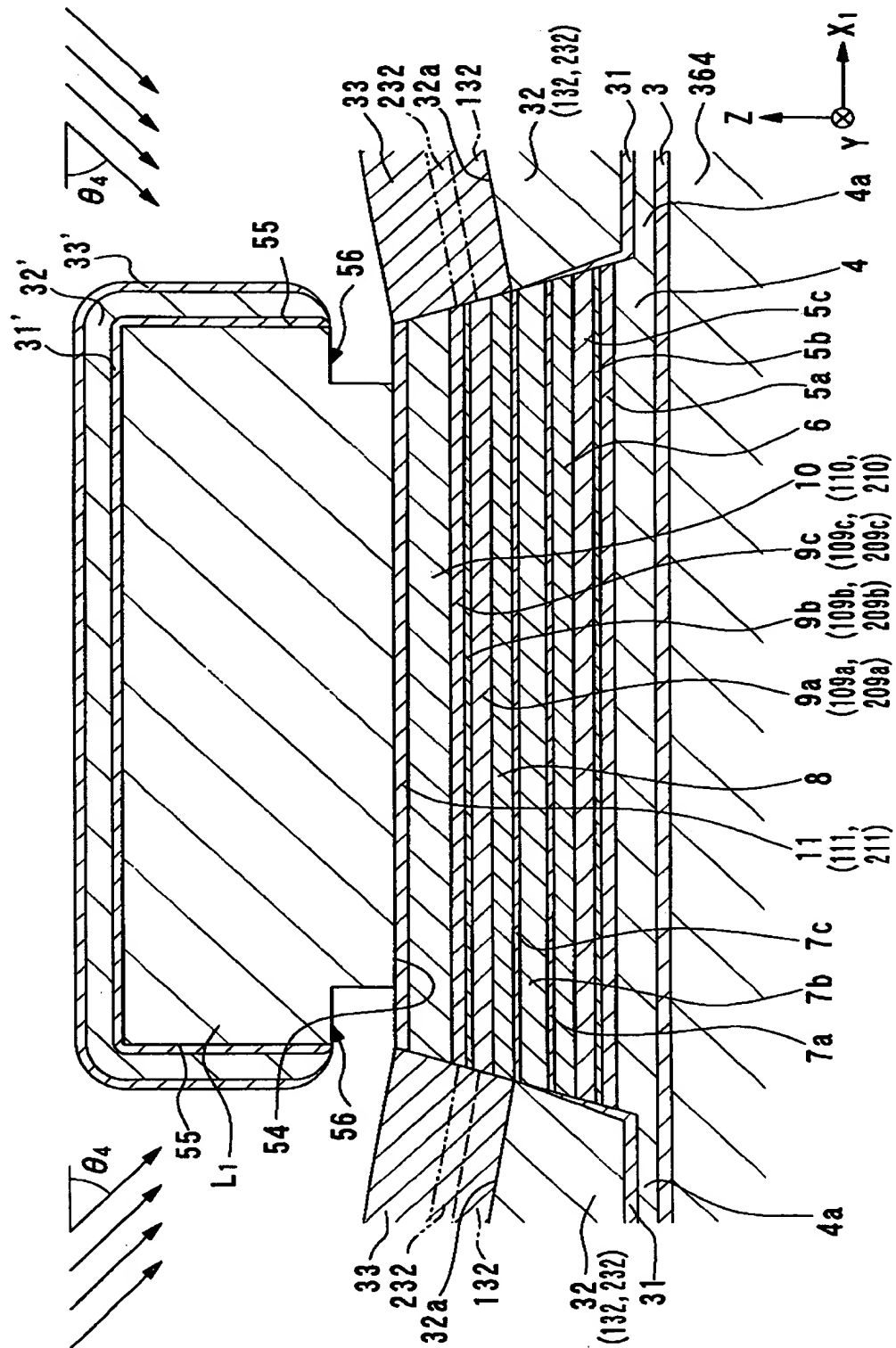
【図 12】



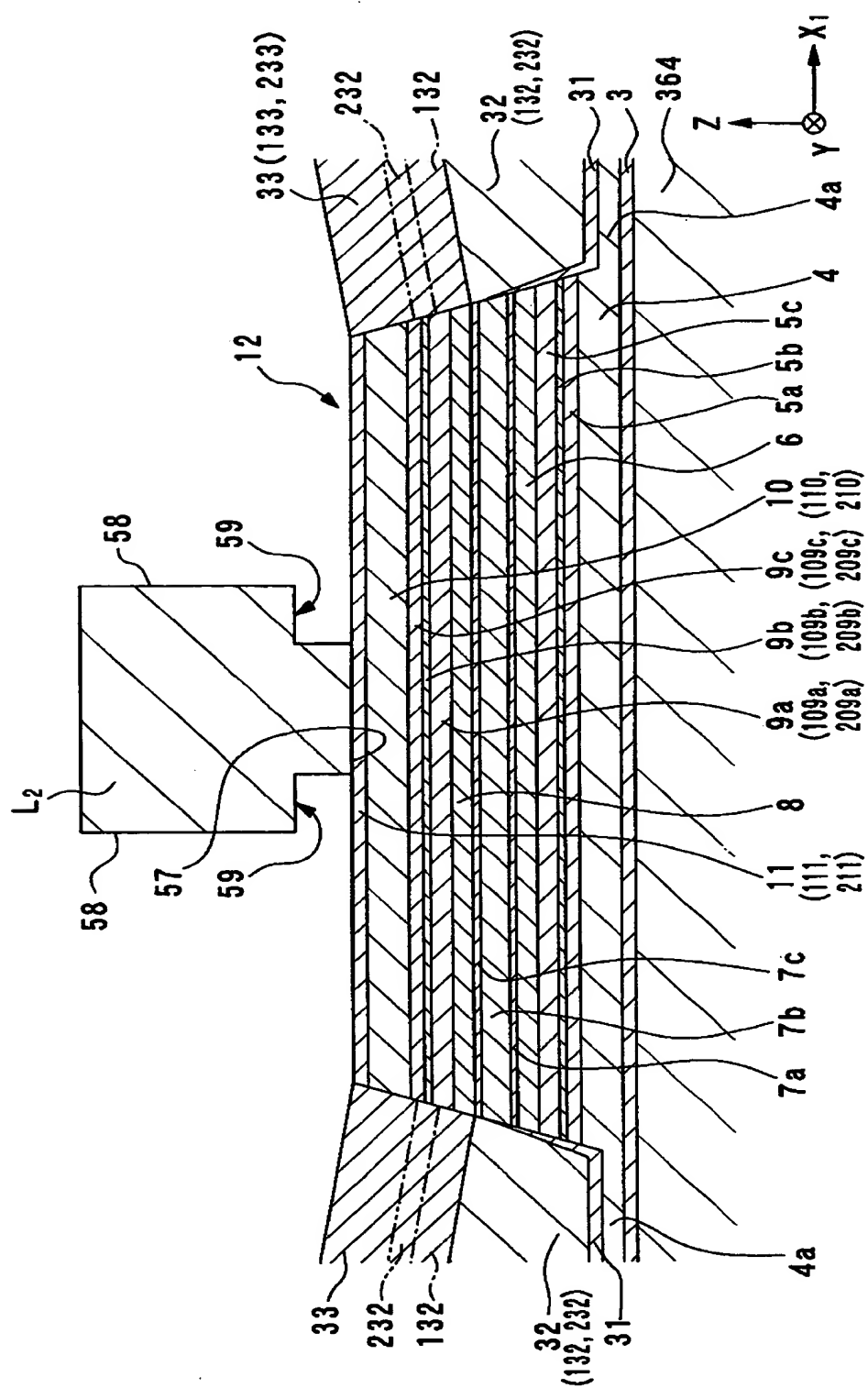
【図 13】



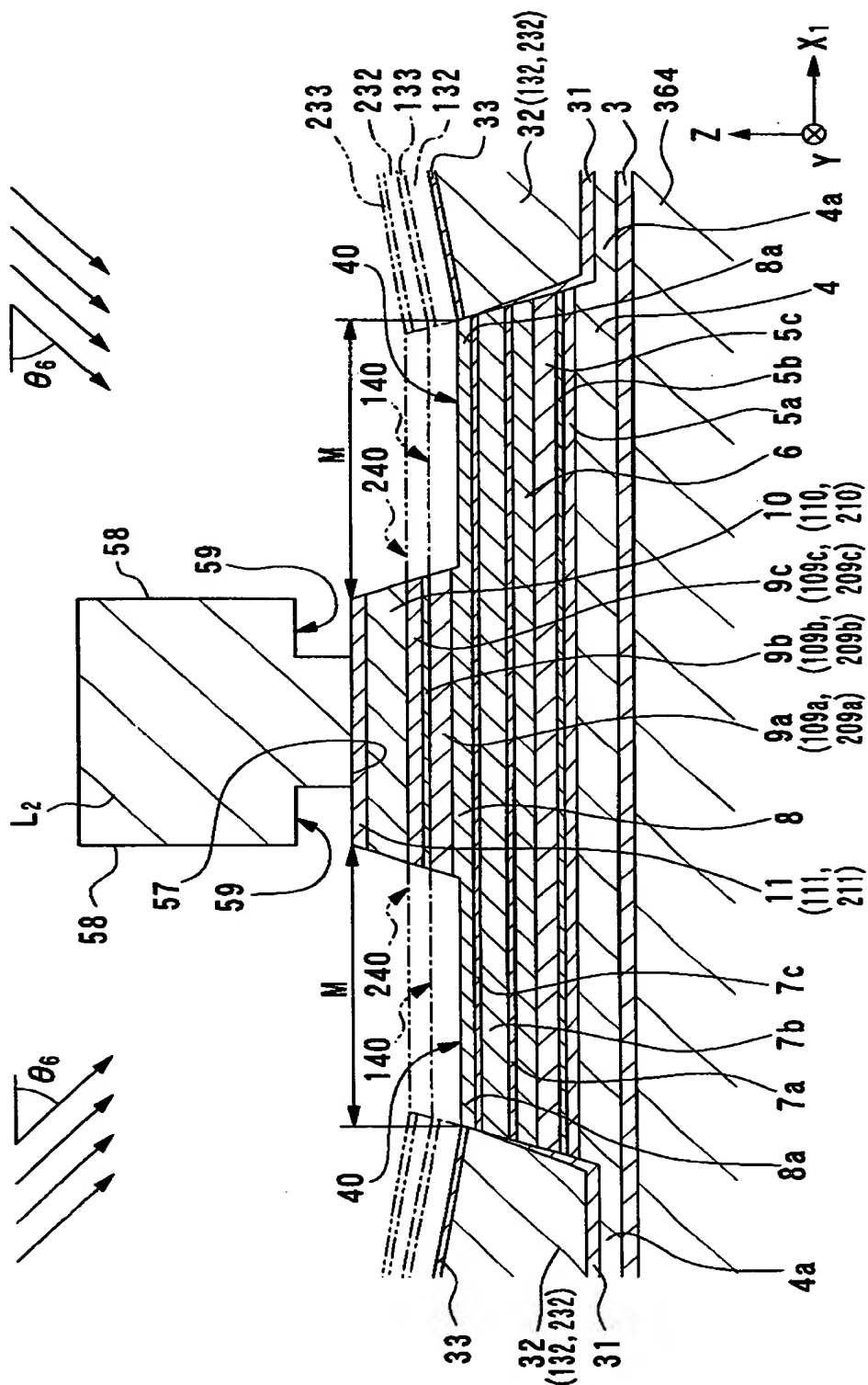
【図 14】



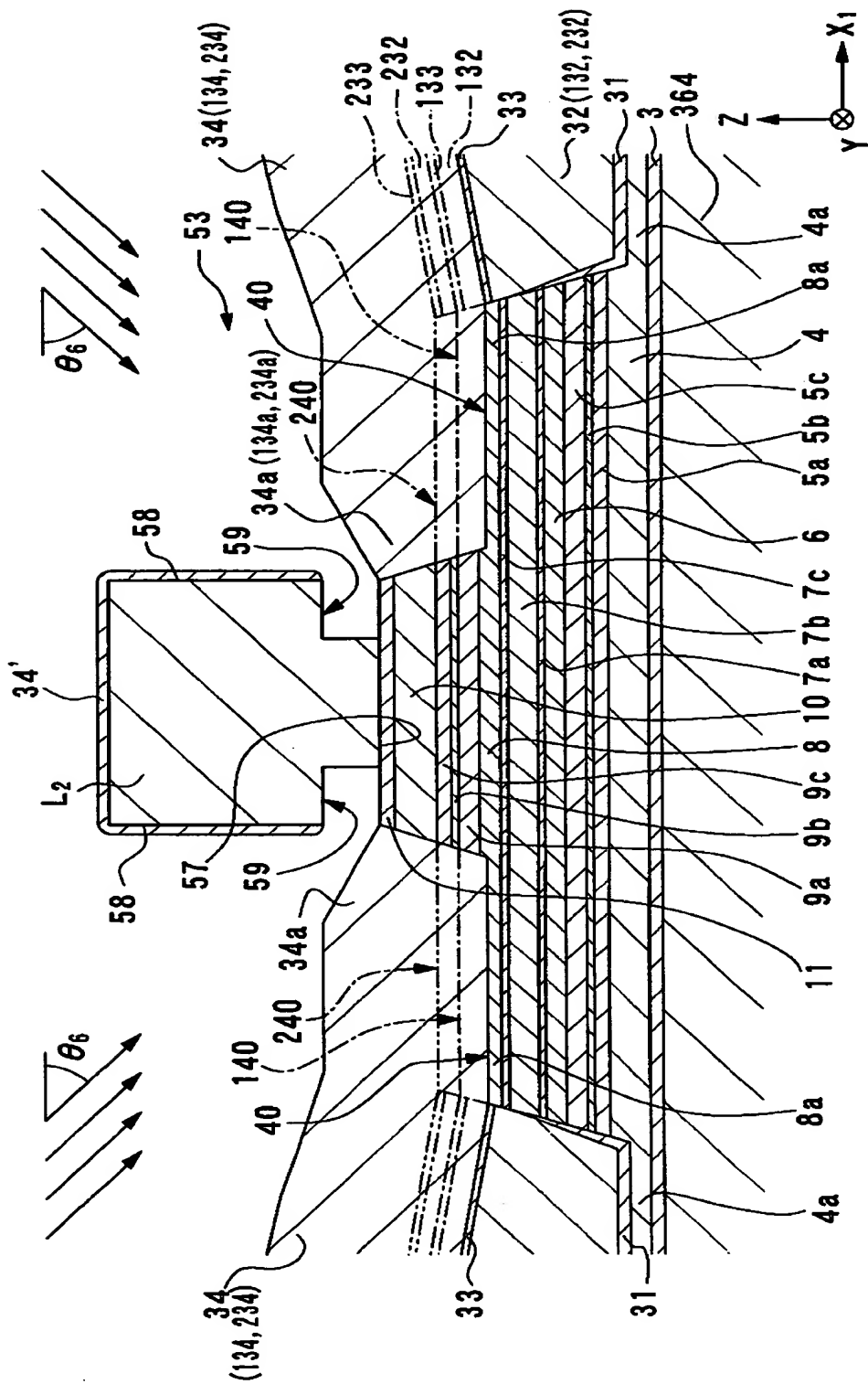
【図 15】



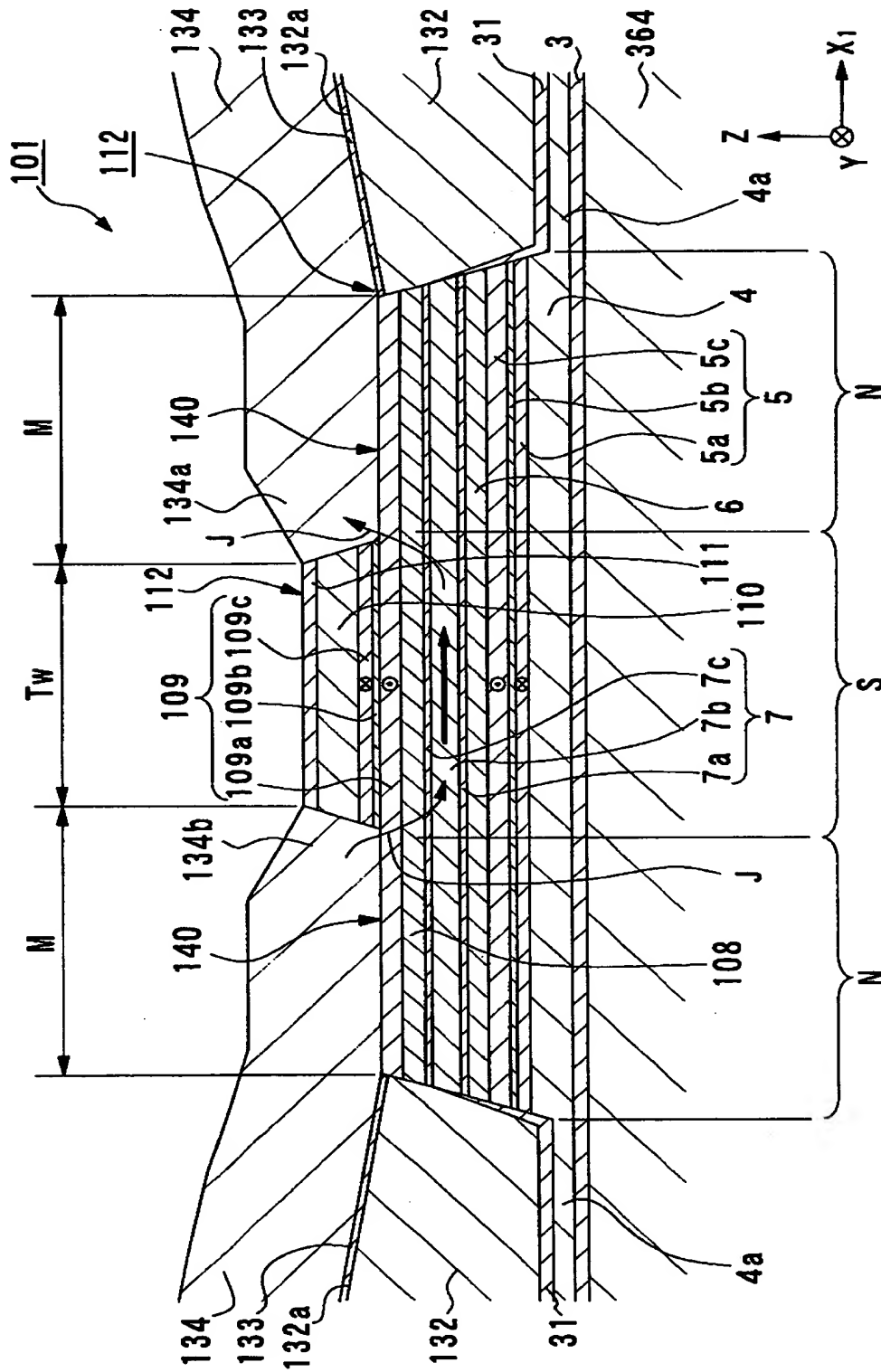
【図16】



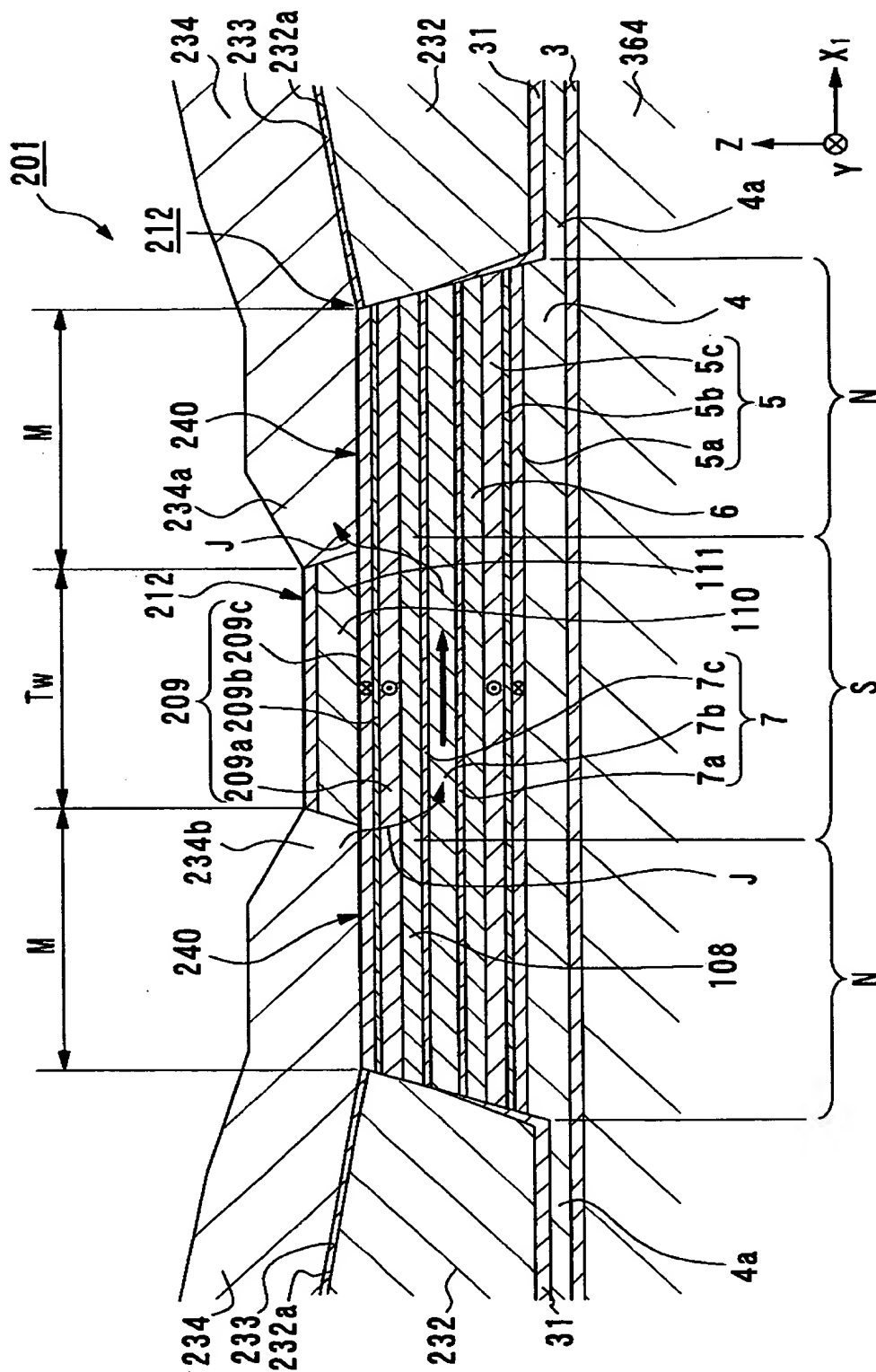
【図 17】



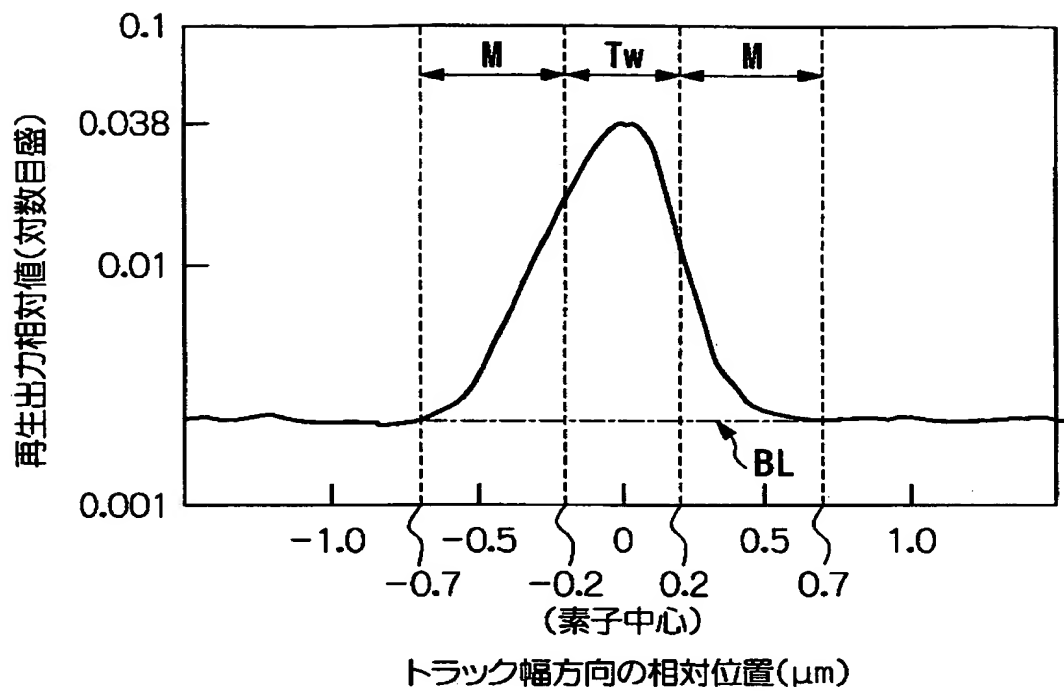
【図 18】



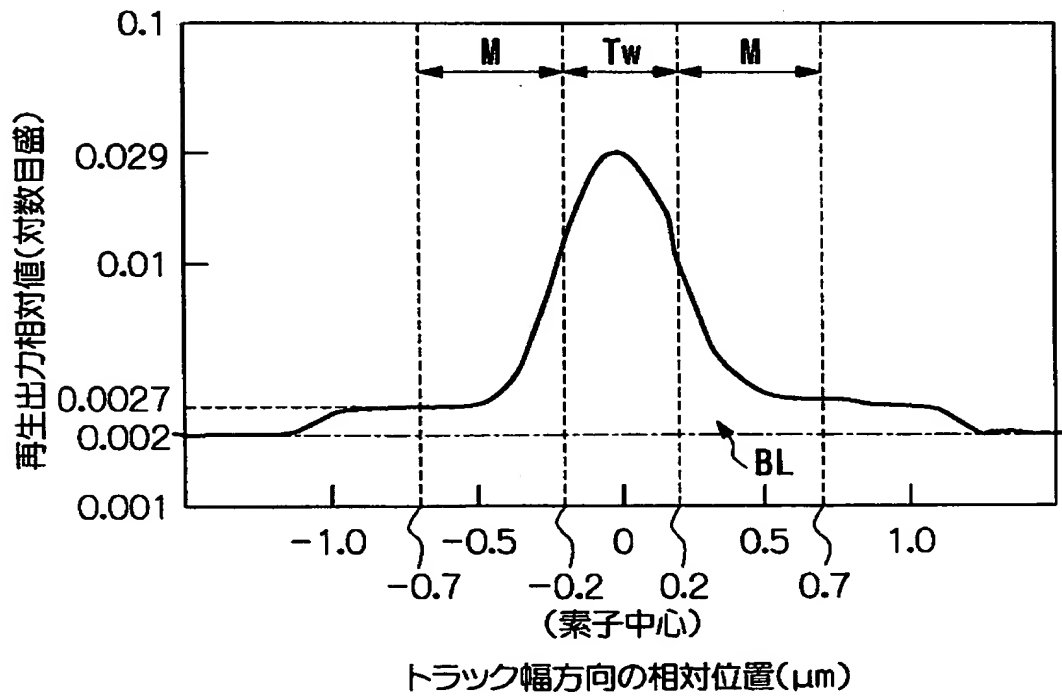
【図 19】



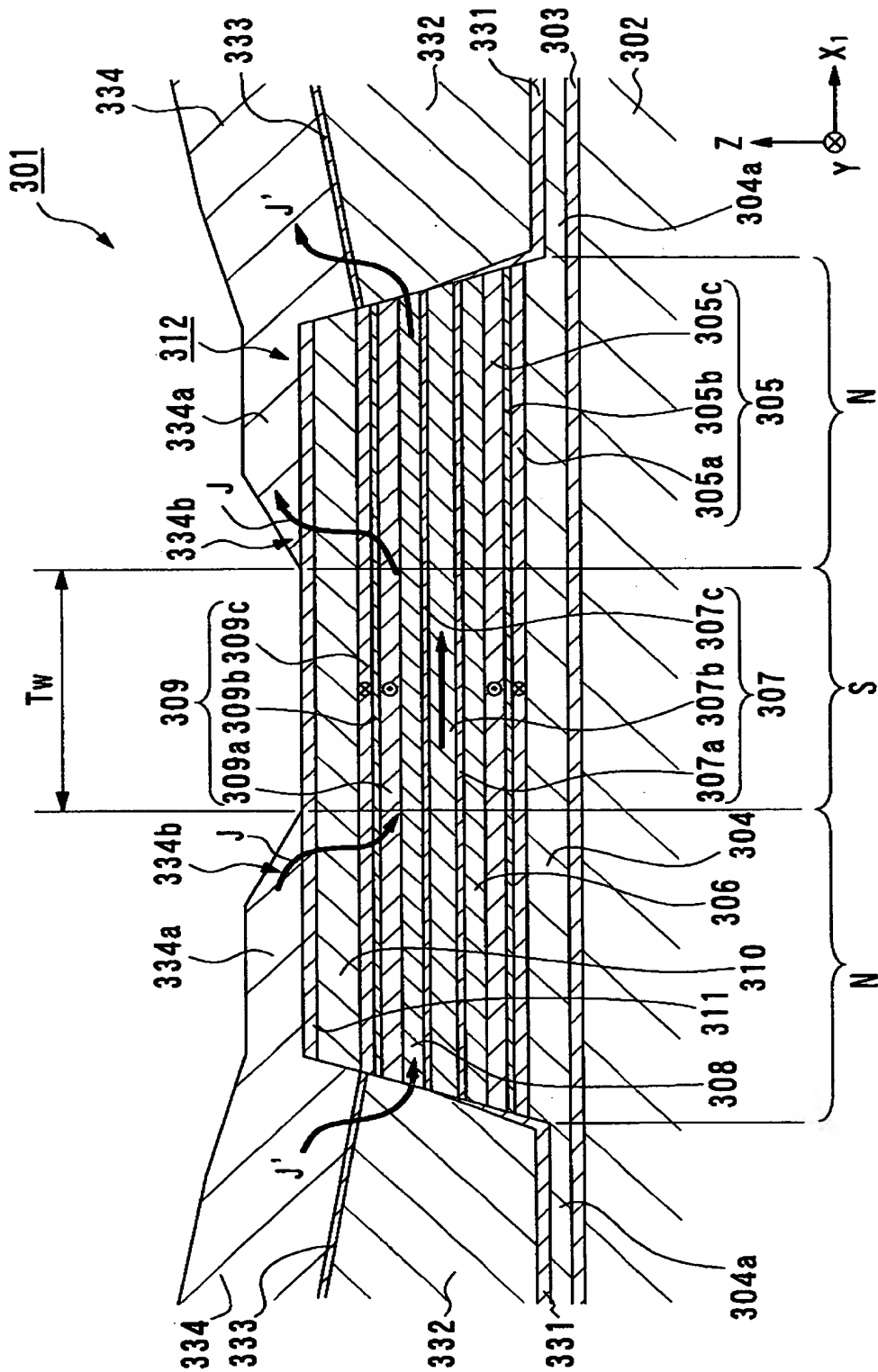
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 出力特性が良好であり、サイドリーディング発生の防止が可能であるスピバルブ型薄膜磁気素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 フリー磁性層 7 の厚さ方向両側に、非磁性導電層 6、8 と固定磁性層 5、9 と反強磁性層 4、10 とが積層されてなる積層体 12 が基板 364 上に形成されるとともに、積層体 12 のトラック幅方向両側に、バイアス層 32、32 とリード層 34、34 とを備えてなり、少なくとも基板 364 から離れた側の反強磁性層 10 のトラック幅方向の幅がフリー磁性層 7 よりも狭幅とされ、この狭幅な反強磁性層 10 のトラック幅方向両側が積層体 12 のリード接続部 40、40 とされ、リード層 34、34 が、積層体 12 のトラック幅方向両側から積層体 12 の中央に向けて延出し、リード接続部 40、40 にて積層体 12 に接続されることを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を採用する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-261945
受付番号	50001105805
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成12年 8月31日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000010098
【住所又は居所】	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
【氏名又は名称】	アルプス電気株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名 アルプス電気株式会社